

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2004 年 4 月 8 日 (08.04.2004)

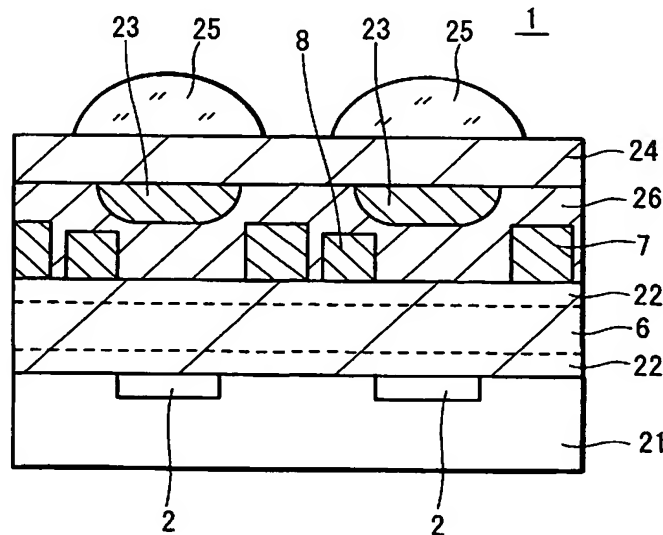
PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/030101 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 27/14, 31/10 (72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 東宮 祥哲 (TOMIYA, Yoshinori) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/011915
- (22) 国際出願日: 2003 年 9 月 18 日 (18.09.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (74) 代理人: 角田 芳末, 外 (TSUNODA, Yoshisue et al.); 〒160-0023 東京都新宿区西新宿1丁目8番1号 新宿ビル Tokyo (JP).
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: (81) 指定国 (国内): CN, KR, US.  
特願2002-284352 2002 年 9 月 27 日 (27.09.2002) JP  
特願2003-70750 2003 年 3 月 14 日 (14.03.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ソニー株式会社 (SONY CORPORATION) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 Tokyo (JP).  
添付公開書類:  
— 国際調査報告書
- 2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: SOLID STATE IMAGING DEVICE AND PRODUCTION METHOD THEREFOR

(54) 発明の名称: 固体撮像素子及びその製造方法



(57) Abstract: A CMOS-type solid state imaging device and a production method therefore; specifically, a solid state imaging device capable of optimum condensing by a single in-layer lens, and a production method for forming a precision in-layer lens. The solid state imaging device comprises a plurality of wirings and a plurality of lenses provided above a light receiving unit, at least one of the plurality of lenses being formed by a single in-layer lens. The production method for a solid state imaging device comprises forming a concave surface or a convex surface on a first insulation layer having a first refractive index by a selective etching method, and forming a second insulation layer having a second refractive index on the concave surface or the convex surface to form an in-layer lens matching a light receiving unit.

(57) 要約: 本発明は、CMOS型の固体撮像素子及びその製造方法に関し、単一層内レンズによる最適な集光を可能にした固体撮像素子、及び層内レンズを精度よく形成できる製造方法を提

[続葉有]



---

供する。本発明の固体撮像素子は、受光部の上方に複数の配線と複数のレンズを有し、複数のレンズの少なくとも1つが単一の層内レンズの少なくとも1つが単一の層内レンズで形成して成る。本発明の固体撮像素子の製造方法は、第1の屈折率を有する第1の絶縁層に選択的なエッチング手法により凹面又は凸面を形成し、凹面又は凸面に第2の屈折率を有する第2の絶縁層を形成して受光部に対応した層内レンズを形成する。

## 明 細 書

## 固体撮像素子及びその製造方法

## 技術分野

本発明は、固体撮像素子に層内レンズを備えてなる固体撮像素子及び製造方法に関する。

## 背景技術

固体撮像素子では、各センサ部の受光面の微細化が進んだり、受光面を挟んで遮光パターンや配線パターンのような各種の膜が積層されるような場合、入射光率が低下する。特に、遮光パターンや配線パターンが多く積層されるようなCMOS型の固体撮像素子においては、入射光が配線等に遮られて入射光率を低下する。このような入射光率の低下に対する対策としては、受光面上に対応する配線層の間に層内レンズ、即ち層内集光レンズを設け、入射光を配線に遮られずにセンサ部へ集光させ、集光率を改善する方法が知られている（例えば特開2001-94085号参照）。

従来、多層配線を有するCMOS型固体撮像素子の層内集光レンズは、次のようにして形成されていた。センサ部を形成した基板上に絶縁層を介して各センサ部を挟んで平行する第1の配線を形成した後、全面に流動性膜（いわゆるリフロー膜）を形成する。流動性膜として、例えばCVD（化学気相成長）法により屈折率1.4～1.46程度のBPSG（ボロン・リン・シリケートガラス）膜を堆積する。次に、このBPSG膜を、800～950℃程度の温度で熱処理することでリフローさせる。この遮光パターンの段差を利用したリフロー処理により、BPSG膜は第1の配線に平行したシリンドリカルな凹形状に形成される。次に、プラズマCVD法によって屈折率2.0程度の窒化シリコン膜を堆積し、この窒化シリコン膜をCMP法（化学機械研磨法）により平

平坦化する。これにより、屈折率の小さい凹形状の B P S G 膜と屈折率の大きい平坦化された窒化シリコン膜とにより、一方向に延びる第 1 のシリンドリカル層内集光レンズが形成される。次に、第 1 のシリンドリカル層内集光レンズを構成する膜上に第 1 の配線と直交するように、センサ部を挟んで平行する第 2 の配線を形成した後、同じようにして第 2 の配線に沿うシリンドリカルな凹形状の B P S G 膜を形成し、その上に平坦化した窒化シリコン膜を形成し、第 2 のシリンドリカル層内集光レンズを形成する。この 2 つの互いに交差する第 1 及び第 2 のシリンドリカル層内集光レンズで、各センサ部毎に区画された層内集光レンズが形成される。

ところで、上述した流動性膜を用いた層内集光レンズの形状は、そのレンズの高さやレンズの位置、曲率が下地の遮光膜または配線の間隔、高さで自己整合的に決定されてしまう。このため、最適に集光する上で必要な層内集光レンズの形状を得ることが難しい。

また、流動性膜のリフロー過程においては、800～950℃の高温での熱処理を必要としていることから、配線層に実績のある A 1 を使用することが出来なかった。

## 発明の開示

本発明は、最適な集光を可能にした精度の良い単一の層内レンズを備えた固体撮像素子ならびにその製造方法を提供するものである。

本発明に係る固体撮像素子は、受光部を含む複数の画素と、受光部の上方に形成された、複数の配線を含む配線層と複数のレンズとを有し、複数のレンズの少なくとも 1 つは、エッチングにより形成された凹部を有する第 1 の層と、凹部を埋めるように形成

された第 2 の層とから成る層内レンズであることを特徴とする。

配線層は、少なくとも受光部を挟んだ両側に形成された第 1 の配線と、第 2 の配線とを有し、第 1 の配線と第 2 の配線とが受光部からの距離を異にして形成されている。層内レンズは第 1 の配線と第 2 の配線との間に位置する。

第 1 の配線と第 2 の配線とは、一体的に形成し、所定の電圧源に接続されるように形成することができる。画素は電荷読み出し用トランジスタと、電荷読み出し用トランジスタのゲート電極を覆って平坦化する平坦化膜とを有し、複数の配線は平坦化膜の上方に形成されている。よって、第 1 の層は複数の配線を直接覆って形成されて配線層を構成する絶縁層で形成することができる。よって、第 1 の層は、配線層上に形成された絶縁層で形成することができる。層内レンズは、撮像領域の中心から離れた画素においてほど、その中心が受光部の中心上から撮像領域の中心側に偏って形成することができる。複数のレンズの少なくとも 1 つは層内レンズの上方に形成されたオンチップレンズとすることができる。

本発明に係る固体撮像素子は、受光部を含む複数の画素と、受光部の上方に形成された、複数の配線を含む配線層と複数のレンズとを有し、複数のレンズの少なくとも 1 つは、エッチングにより形成された凸部を有する第 1 の層と、凸部を覆って形成された第 2 の層とから成る層内レンズであることを特徴とする。

配線層は、少なくとも受光部を挟んだ両側に形成された第 1 の配線と、第 2 の配線とを有し、第 1 の配線と第 2 の配線とが受光部からの距離を異にして形成されている。層内レンズは第 1 の配線と第 2 の配線との間に位置する。第 1 の層と第 2 の層との間には、凸部を覆って形成された第 3 の層を有することができる。

本発明に係る固体撮像素子によれば、CMOS 型の固体撮像素

子において、各受光部に対して第1の層をエッチングして形成した凹部を第2の層で埋めるようにして層内レンズ（凹レンズ）を形成するので、配線の凹凸に依存することなく適切な位置に層内レンズを配置することができる。これによって、入射光を受光部へ最適に集光させることができる。単一の層内レンズであるので、層内レンズの構成が簡単になる。受光部を挟んで両側に受光部からの距離が異なるように第1の配線及び第2の配線が形成される場合、その配線の凹凸に依存して層内レンズを形成使用とすると、受光部に対する所望の位置に層内レンズを配置できない可能性が高い。しかし、本発明では、受光部からの距離が異なる配線を含む場合でも配線に依存することなく、層内レンズ（凹レンズ）を所望の位置に配置することができる。第1の配線と第2の配線とが一体的に形成されて所定の電圧源に接続されるような配線が配置されていても、配線に影響されずに層内レンズを所望の位置に配置することができる。読み出し用トランジスタのゲート電極が受光部に対して偏って形成されている固体撮像素子であっても、ゲート電極の凹凸に依存することなく、所望の位置に層内レンズを配置することができる。

配線層を構成する絶縁層に対して凹部を設けて層内レンズを形成するときには、受光部に近い位置に層内レンズを形成することができる。したがって、受光部上の層厚を低減し固体撮像素子の小型化を図ることができる。配線層とは別に形成された絶縁層に凹部を形成して層内レンズを形成するときには、集光した光を配線層横を通して受光部に導くときに、別形成された絶縁層の界面での屈折も利用できる。配線層に含まれる配線の凹凸に依存せずに撮像領域内における入射光の傾きの偏りに応じて層内レンズを配置することができる。層内レンズを撮像領域の中心から離れた画素ほど、層内レンズ中心を受光部の中心から撮像領域の中心側に偏

って形成するときは、斜め光によるシェーディングが改善され、瞳補正が可能になる。複数のレンズの少なくとも1つが層内レンズの上方に形成されたオンチップレンズとすることにより、オンチップレンズと層内レンズとの共同作業により入射光を受光部へ集光させることができる。

5 本発明に係る固体撮像素子によれば、CMOS型の固体撮像素子において、各受光部に対して第1の層をエッチングして形成した凹部を第2の層で埋めるようにして層内レンズ（凸レンズ）を形成するので、配線の凹凸に依存することなく、適切な位置に層内レンズを配置することができる。これによって、入射光を受光部へ最適に集光させることができる。単一の層内レンズであるので、層内レンズの構成が簡単になる。受光部を挟んで両側に受光部からの距離が異なるように第1の配線及び第2の配線が形成される場合、その配線の凹凸に依存して層内レンズを形成使用すると、  
10 受光部に対する所望の位置に層内レンズを配置できない可能性が高い。しかし、本発明では、受光部からの距離が異なる配線を含む場合でも配線に依存することなく、層内レンズ（凸レンズ）を所望の位置に配置することができる。第1の層と第2の層との間に凸部を覆って第3の層を形成するときは、層内レンズである凸  
15 形状をなめらかに形成することができる。

本発明に係る固体撮像素子の製造方法は、基板表面に複数の受光部を形成する工程と、受光部を挟んだ両側に配線を形成する工程と、第1の屈折率を有する第1の絶縁層を形成する工程と、エッチング用マスクを用いて第1の絶縁層をエッチングし、受光部の上方に凹部を形成する工程と、凹部を埋めるように第2の屈折率を有する第2の絶縁層を形成する工程とを有することを特徴とする。この製造方法において、配線を形成する工程より前に、電荷読み出し用とトランジスタを形成する工程と、電荷読み出し用  
20 25

トランジスタを動作するためのゲート電極を形成する工程と、ゲート電極を覆って平坦化する平坦化膜を形成する工程とを有し、配線及び凹部を平坦化膜より上方に形成することができる。

- 5 本発明に係る固体撮像素子の製造方法によれば、各受光部に対応して第1の屈折率を有する第1の絶縁層をエッチングして凹部を形成し、この凹部を埋めるように第2の屈折率を有する第2の絶縁層を形成することにより、配線の凹凸に依存することなく適切な位置に凹レンズによる層内レンズを形成することができる。これによって、入射光を受光部へ最適に集光するCMOS型の固
- 10 体撮像素子を製造することができる。配線を形成する工程より前に、電荷読み出し用トランジスタ、そのゲート電極、ゲート電極を覆って平坦化する平坦化膜を形成する工程を有し、配線及び凹部を平坦化膜より上方に形成することにより、受光部に近い位置に凹レンズによる層内レンズを形成することができる。これにより
- 15 受光部上の層厚を低減し小型化された固体撮像素子を製造することができる。

- 本発明に係る固体撮像素子の製造方法は、基板表面に複数の受光部を形成する工程と、受光部を挟んだ両側に配線を形成する工程と、第1の屈折率を有する第1の絶縁層を形成する工程と、第
- 20 1の絶縁層上の受光センサ部に対応した位置にリフロー処理により表面が凸状面をなしたリフロー膜を形成する工程と、リフロー膜と共に第1の絶縁層をエッチバックして、第1の絶縁層に凸状面を転写する工程と、第1の絶縁層上に第2の屈折率を有する第2の絶縁層を形成する工程とを有することを特徴とする。この製造方法において、第2の絶縁層を形成する工程より前に、第1の
- 25 絶縁層の凸状面を覆う第3の絶縁層を形成することができる。

本発明に係る固体撮像素子の製造方法によれば、各受光部に対応して第1の屈折率を有する第1の絶縁層上に凸状面をなしたり



フロー膜を形成し、リフロー膜と共に第1の絶縁層をエッチバックして第1の絶縁層に凸状面を転写し、この第1の絶縁層上に第2の屈折率を有する第2の絶縁層を形成することにより、配線の凹凸に依存することなく適切な位置に凸レンズによる層内レンズを形成することがきる。これによって、入射光を受光部へ最適に集光するCMOS型の固体撮像素子を製造することができる。第2の絶縁層を形成する工程より前に、第1の絶縁層の凸状面を覆う第3の絶縁層を形成するときは、層内レンズである凸レンズ形状することができる。

- 5 10 本発明に係る固体撮像素子は、受光センサ部とMOSトランジスタからなる画素が複数配列されてなり、各受光センサ部に対応して夫々単一の層内集光レンズが形成される。

この固体撮像素子においては、受光センサ部より上方に形成された最上層の配線の一部を受光センサ部を挟む両側に位置して構成することができる。層内集光レンズは、撮像領域の周辺に行くに従って、レンズ中心を受光センサ部の中心より撮像領域の中心側に偏って形成することができる。

この固体撮像素子においては、受光センサ部を挟む両側に位置する最上層の配線の一部を、受光センサ部に対して非対称の配置し、非対称の配線に影響されずに層内集光レンズを形成した構成とすることができる。

20 配線としては、Alを含む金属材で形成することができる。

本発明に係る固体撮像素子によれば、CMOS型の固体撮像素子において、各受光センサ部に対応して単一の層内集光レンズを有することができる。このため、遮光パターン、配線パターン等が多く積層された構成でも、入射光を受光センサ部へ最適に集光させることができる。また、単一の層内集光レンズであるので、層内集光レンズの構成が簡単になる。また、撮像領域の周辺側の

層内集光レンズは、レンズ中心が周辺側へ行くに従って受光センサ部の中心より撮像領域の中心側に偏って形成するときは、斜め光によるシェーディングの改善が図れる。CMOS型の固体撮像素子の配線をAlを含む金属材料で形成できるので、配線として

5 の信頼性が得られる。

受光センサ部を挟む両側に位置する最上層の配線の一部が、受光センサ部に対して非対称の配置され、非対称の配線に影響されずに層内集光レンズが形成されるときは、配線、遮光膜の配置を気にすることなく、単一の層内集光レンズを形成することが可能

10 になる。従って、精度のよい単一の層内集光レンズにより集光率が改善され、且つ信頼性の高いCMOS型の固体撮像素子を提供することができる。

本発明に係る固体撮像素子の製造方法は、受光センサ部とMOSトランジスタからなる複数の画素が配列された半導体領域上に

15 絶縁層を介して各受光センサ部を挟む配線を形成する工程と、全面に第1の屈折率を有する第1の絶縁層を形成する工程と、エッチング用マスクを有して第1の絶縁層を各受光センサ部に対応する位置で等方性エッチングにより選択的に除去して各受光センサ部に対応した凹部を形成する工程と、凹部を含む全面に第2の屈

20 折率を有する第2の絶縁層を形成する工程と、第2の絶縁層を平坦化して凹部内に第2の絶縁層を残し、第1及び第2の絶縁層により単一の層内集光レンズを形成する工程とを有することを特徴とする。

本発明に係る固体撮像素子の製造方法によれば、第1の絶縁層の凹部をレジストマスクを介して等方性エッチングし、その後

25 に第2の絶縁層を形成して層内集光レンズを形成している。このため、CMOS型の固体撮像素子において、単一の層内集光レンズを容易に形成することができる。高温のリフロー処理を必要とし

ないので、配線をA1を含む金属材料で形成することができる。層内集光レンズの形状（レンズの高さ、レンズの位置、レンズの曲率等）は、レジストマスク開口パターンやエッチング条件等を変更することにより、簡単に調整することができる。また、レジ

5 ストマスクの開口パターンを変更するだけで、簡単に層内集光レンズの中心を受光センサ部の中心より撮像領域の中心側に偏らすことができる。これにより、撮像領域の周辺での斜め光によるシェーディング対策として、レンズずらしによる瞳補正法を適用することができる。このように本発明の製造方法によれば、CMOS

10 S型の固体撮像素子における層内集光レンズを精度よく形成することができる。

本発明に係る固体撮像素子の製造方法は、受光センサ部とMOSトランジスタからなる複数の画素が配列された半導体領域上に絶縁層を介して各受光センサ部を挟む配線を形成する工程と、全

15 面に第1の屈折率を有する第1の絶縁層を形成する工程と、第1の絶縁層上の各受光センサ部に対応した位置に、リフロー処理により表面が凸状面をなしたリフロー膜を形成する工程と、リフロー膜と共に第1の絶縁層をエッチバックして、第1の絶縁層に凸状面を転写する工程と、第1の絶縁層上に第2の屈折率を有する

20 平坦化膜を形成して第1の絶縁層及び平坦化膜により単一の層内集光レンズを形成する工程とを有することを特徴とする。

本発明に係る固体撮像素子の製造方法によれば、第1の屈折率を有する第1の絶縁層上に各受光センサ部に対応した位置にリフロー処理により表面が凸状面をなしたリフロー膜を形成し、この

25 リフロー膜と共に、第1の絶縁層をエッチバックすることにより、第1の絶縁層に凸状面が転写される。この第1の絶縁層上に第2の屈折率を有する平坦化膜（絶縁層）を形成して凸状レンズによる層内集光レンズを形成するので、単一の層内集光レンズを容易

に形成することができる。特に最上沿うの配線の一部が受光センサ部を挟んで両側に平行して、且つ受光センサ部に対して非対称に配置される場合に、下地配線に影響されずに各受光センサ部に対して層内集光レンズを形成することができる。層内集光レンズの形状（レンズ高さ、レンズ位置、レンズの曲率等）は、フォトレジストによるリフロー膜のパターンやエッチング条件等を変更することにより、簡単に調整することができる。リフロー膜の形状パターンを変更するだけで、簡単に層内集光レンズの中心を受光センサ部の中心より撮像領域の中心側に偏らすことができる。

5      これにより、撮像領域の周辺での斜め光によるシェーディング対策として、レンズずらし瞳補正法を適用することができる。このように本発明の製造方法によれば、CMOS型の固体撮像素子における層内集光レンズを精度よく形成することができる。

## 15      図面の簡単な説明

図1は、本発明に係るCMOS型の固体撮像素子の一実施の形態を示す画素部の等価回路図である。図2は、本発明に係るCMOS型の固体撮像素子の一実施の形態を示す画素部の平面図である。図3は、図2のA-A線上の断面図である。図4は、本発明に係るCMOS型の固体撮像素子の一実施の形態を示す撮像領域の周辺の画素部を示す断面図である。図5は、A～C 本発明に係るCMOS型の固体撮像素子の製造方法の一実施の形態を示す製造工程図（その1）である。図6は、A～C 本発明に係るCMOS型の固体撮像素子の製造方法の一実施の形態を示す製造工程図（その2）である。図7は、A～C 本発明に係るCMOS型の固体撮像素子の製造方法の他の実施の形態を示す製造工程図（その1）である。図8は、A～C 本発明に係るCMOS型の固体撮像素子の製造方法の他の実施の形態を示す製造工程図（その2）

20

25

である。図 9 は、A～B 本発明に係る CMOS 型の固体撮像素子の製造方法の他の実施の形態を示す製造工程図（その 3）である。図 10 は、本発明に係る CMOS 型の固体撮像素子の他の実施の形態を示す断面図である。図 11 は、A～C 本発明に係る CMOS 型の固体撮像素子の製造方法の他の実施の形態を示す製造工程図（その 1）である。図 12 は、A～C 本発明に係る CMOS 型の固体撮像素子の製造方法の他の実施の形態を示す製造工程図（その 2）である。図 13 は、A～B 本発明に係る CMOS 型の固体撮像素子の製造方法の他の実施の形態を示す製造工程図（その 3）である。図 14 は、A～B 本発明に係る CMOS 型の固体撮像素子の製造方法の他の実施の形態を示す製造工程図（その 4）である。図 15 は、本発明に係る CMOS 型の固体撮像素子の製造方法の他の実施の形態を示す製造工程図（その 5）である。

発明を実施するための最良の形態

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

図 1 及び図 2 は、本発明に係る固体撮像素子の一実施の形態の要部、即ち画素部の構成を示す。本実施の形態に係る固体撮像素子は、いわゆる CMOS 型の固体撮像素子である。本実施の形態の固体撮像素子 1 は、図 1 に示すように、光電変換を行う受光部、いわゆる受光センサ部（即ち、フォトダイオード）2 と、画素を選択する垂直選択用スイッチ素子（MOS トランジスタ）3 と、読み出し用スイッチ素子（MOS トランジスタ）4 とによって構成された単位画素 5 がマトリックス状に複数配列されて成る撮像領域を有する。読み出し用スイッチ素子 4 の一方の主電極が受光センサ部 2 に接続され、読み出し用スイッチ素子 4 の制御電極（いわゆるゲート電極）が垂直選択用スイッチ素子 3 の一方の主電極

に接続される。各行毎の垂直選択スイッチ素子 3 の制御電極（いわゆるゲート電極）は垂直選択線 6 が接続され、この垂直選択線 6 に垂直走査回路（図示せず）から出力される垂直走査パルスが供給される。各列毎の垂直選択スイッチ素子 3 の他方の主電極は読み出しパルス線 7 に接続され、この読み出しパルス線 7 に水平走査回路（図示せず）から出力される読み出しパルスが供給される。各列毎の読み出し用スイッチ素子 4 の他方の主電極は垂直信号線 8 に接続される。なお、垂直信号線 8 と水平信号線（図示せず）との間に、MOS トランジスタからなる水平スイッチ素子（図示せず）が接続され、水平スイッチ素子の制御電極に水平走査回路から出力される水平走査パルスが供給される。

図 2 は、図 1 の等価回路に対応した撮像領域の要部の平面構造を示す。読み出しパルス線 7 及び垂直信号線 8 は垂直方向に沿って形成され、垂直選択線 6 は読み出しパルス線 7 及び垂直信号線 8 と直交するように水平方向に沿って形成される。受光センサ部 2 と半導体領域 1 1 との間にゲート絶縁層を介して L 字型のゲート電極 1 2 が形成され、受光センサ部 2、半導体領域 1 1 及びゲート電極 1 2 により読み出し用スイッチ素子 4 が形成される。垂直選択線 6 と一体のゲート電極 1 4 と、このゲート電極 1 4 を挟むソース、ドレイン領域となる両領域 1 5 及び 1 6 とにより、垂直選択用スイッチ素子 3 が形成される。1 7 は読み出し用スイッチ素子 4 を構成する半導体領域 1 1 と垂直信号線とのコンタクト部、1 8 は読み出し用スイッチ素子 4 のゲート電極 1 2 と垂直選択用スイッチ素子 3 の他方の領域 1 6 とのコンタクト部、1 9 は垂直選択用スイッチ素子 3 の一方の領域 1 5 と読み出しパルス線 7 とのコンタクト部を夫々示す。

図 3 は、図 2 の A-A 線上の断面構造を示す。本実施の形態においては、特に、受光センサ部 2、図示せざるも垂直選択用スイ

- タッチ素子 3 及び読み出し用スイッチ素子 4 を形成した半導体基板 2 1 上に、層間絶縁層 2 2 を介して例えば第 1 層配線の垂直選択線 6 と、例えば第 2 層配線の読み出しパルス線 7、垂直信号線 8 が形成され、さらにその上に各受光センサ部 2 の位置に対応する
- 5 ように、隣り合う配線群（読み出しパルス線 7 及び垂直信号線 8）間に単一の層内レンズ、いわゆる層内集光レンズ（凹レンズ、凸レンズ）2 3 が形成されて成る。層内集光レンズ 2 3 上には、カラーフィルタ 2 4 が形成され、さらにその上に各受光センサ部 2、従って各層内集光レンズ 2 3 に対応する位置にオンチップマイクロ
- 10 ロレンズ 2 5 が形成される。本例では受光センサ部 2 を挟んで配置された最上層である第 2 層配線 7、8 が受光センサ部 2 に対して非対称に設計されている。よって、ある画素の第 2 層配線 8 と隣接画素の第 2 層配線 7 とが受光センサ部から異なる距離に配置されている。
- 15 ここで下側の層間絶縁層 2 2 は、受光センサ部 2 に蓄積された電荷を読み出すための読み出しトランジスタ 4 のゲート電極等による凹凸を覆っており、平坦化膜の役目も果たしている。また、第 1 層配線の垂直選択線 6 とこの配線を絶縁する層間絶縁層 2 2 とを含んで第 1 層配線層が形成される。第 2 層配線の読み出しパ
- 20 ルス線 7 及び垂直信号線 8 と、これらの配線を絶縁し層内集光レンズ 2 3 を形成する絶縁層 2 6 とを含んで第 2 配線層が形成される。

図 4 は、撮像領域の周辺の画素部を示す。本実施の形態では、周辺側の画素に入射される斜め光  $L_1$  に対するシェーディング対策として、層内集光レンズ 2 3 を撮像領域の周辺に行くに従って、

25 レンズ中心が受光センサ部 2 の中心より撮像領域の中心側に偏って形成するように成す。

次に、上述した本実施の形態に係る CMOS 型の固体撮像素子

の製造方法の一実施の形態を図 5 及び図 6 を参照して説明する。

5 先ず、図 5 A に示すように、半導体基板 2 1 に所謂 CMOS センサを構成する受光センサ部 2、図示せざるも垂直選択用スイッチ素子 3 及び読み出し用スイッチ素子 4 を形成した後、この半導体基板 2 1 上に層間絶縁層 2 2 を介して相互に絶縁された遮光膜、配線、本例では受光センサ部 2 を挟んで一方向に延びる第 1 層配線となる垂直選択線 6、及び受光センサ部 2 を挟んで上記一方向と直交する他方向に延びる第 2 層配線群となる読み出しパルス線 7 と垂直信号線 8 を形成する。これらの垂直選択線 6、読み出しパルス線 7 及び垂直信号線 8 は、A 1 を含む金属材料、本例では A 1 により形成される。本例では、第 2 配線群となる読み出しパルス線 7 及び垂直信号線 8 は、図 2 に示すように受光センサ部 2 に対して非対称位置に形成される。よって、ある画素の垂直信号線 8 と隣接画素の読み出しパルス線 7 とが受光センサ部 3 から異なる距離に配置されている。

次に、図 5 B に示すように、読み出しパルス線 7 及び垂直信号線 8 を含む全面に、第 1 の屈折率を有する第 1 の絶縁層 2 6 を形成し、その後、第 1 の絶縁層 2 6 を平坦化する。例えば第 1 の絶縁層 2 6 は、高密度プラズマ CVD 又はプラズマ TEOS 等の低温の CVD 膜、例えば BPSG (ボロン・リン・シリケートガラス) 膜を堆積して形成することができる。BPSG 膜は、前述したように屈折率が 1.40 ~ 1.46 程度である。平坦化は、CMP (化学的機械的研磨) 法を用いて行うことができる。

25 次に、図 5 C に示すように、第 1 の絶縁層 2 6 上にフォトリジスト膜を形成し、このフォトリジスト膜を各受光センサ部 2 に対応する位置に開口 2 7 A が形成されるようにパターンニングして、レジストマスク 2 7 を形成する。このレジストマスク 2 7 を介して等方エッチングにより、第 1 の絶縁層 2 6 を選択的にエッチン



グ除去する。これにより、第 1 の絶縁層 2 6 には、各受光センサ部 2 に対応して層内集光レンズを形成するための凹部 2 8 が形成される。この凹部 2 8 は、その位置、大きさ、曲率、深さ等をレジストマスク 2 7 の開口 2 7 A、エッチング時間等により任意に  
5 制御することができる。

次に、レジストマスク 2 7 を除去した後、図 6 A に示すように、凹部 2 8 を埋めるように全面に第 2 の屈折率を有する第 2 の絶縁層 2 9 を形成する。第 2 の絶縁層 2 9 は、例えばプラズマ C V D 法による窒化シリコン (P - S i N) 膜を堆積して形成することが  
10 できる。この窒化シリコン膜は、前述したように屈折率が 2 . 0 程度である。

次に、図 6 B に示すように、エッチバック等により第 2 の絶縁層 2 9 を平坦化する。これにより凹部 2 8 において、屈折率の小さい第 1 の絶縁層 2 6 と屈折率の大きい第 2 の絶縁層 2 9 とによる単一の層内集光レンズ (凹レンズ) 2 3 が形成される。この層  
15 内集光レンズ 2 3 では、平坦化された第 2 の絶縁層 2 9 の上面の界面と平坦化されない第 1 の絶縁層 2 6 の上面の界面で、屈折率の相対的な関係により、光が収束する方向に屈折する。

次に、図 6 C に示すように、上記平坦化された上面にカラーフィルタ 2 4 を形成し、さらにカラーフィルタ 2 4 上にオンチップマイクロレンズ 2 5 を形成して、目的の C M O S 型の固体撮像素子 1 を得る。  
20

本実施の形態に係る C M O S 型の固体撮像素子 1 によれば、各受光センサ部 2 に対応して単一の層内集光レンズ、本例では凹レンズ 2 3 を有するので、遮光パターン、配線パターン等が多く積  
25 層された構成でも、入射光を受光センサ部 2 へ最適に集光させることができる。最上層の配線 7、8 が受光センサ部 2 を挟んで両側に配置されている場合にも各受光センサ部に単一の層内集光レ

レンズを有するので集光率の向上が図れる。また、2つのシリンドリカルな層内集光レンズを組み合わせることなく、単一の層内集光レンズ23であるので、層内集光レンズの構成が簡単になる。配線6、7、8をA1を含む金属材料で形成できるので、配線6、  
5 7、8としての信頼性が得られる。また、撮像領域の周辺側の層内集光レンズ23は、レンズ中心が周辺側へ行くに従って受光センサ部2の中心より撮像領域の中心側に偏って形成されるので、斜め光によるシェーディングの改善が図れる。配線7、8が受光センサ部2に対して非対称に配置されていて、層内集光レンズ2  
10 3は下地配線に影響されずに形成され、良好な受光が得られる。従って、精度のよい単一の層内集光レンズにより集光率が改善され、且つ信頼性の高いCMOS型の固体撮像素子を提供することができる。

本実施の形態に係るCMOS型の固体撮像素子の製造方法によれば、第1の絶縁層16の凹部28をレジストマスク27を介して等方性エッチングし、その後に第2の絶縁層19を形成して層内集光レンズ23を形成するので、単一の層内集光レンズを容易に形成することができる。特に最上層の配線の一部が受光センサ部2を挟んで両側に平行して且つ受光センサ部2に対して非対称  
20 に配置される場合に、下地の配線に影響されずに各受光センサ部に対して層内集光レンズ23を形成することができる。層内集光レンズ23の形状（レンズの高さ、レンズの位置、レンズの曲率等）は、レジストマスク27の開口27Aのパターン（いわゆる開口パターン）やエッチング条件等を変更することにより、簡単  
25 に調整することができる。高温のリフロー処理を必要としないので、配線6、7、8をA1を含む金属材料で形成することができる。また、レジストマスク27の開口パターンを変更するだけで、簡単に層内集光レンズ23の中心を受光センサ部2の中心より撮

像領域の中心側に偏らすことができる。これにより、撮像領域の周辺での斜め光によるシェーディング対策として、いわゆるレンズずらしによる瞳補正法を適用できる。このように本実施の形態の製造方法によれば、CMOS型の固体撮像素子における層内集光レンズ23を精度よく形成することができる。

次に、上述した本実施の形態に係るCMOS型の固体撮像素子及びその製造方法の他の実施の形態を図7、図8及び図9を参照して説明する。

10 先ず、図7Aに示すように前述と同様に、半導体基板21に所謂CMOSセンサを構成する受光センサ部2、図示せざるも垂直選択用スイッチ素子3及び読み出し用スイッチ素子4を形成した後、この半導体基板21上に層間絶縁層22を介して相互に絶縁された遮光膜、配線、本例では受光センサ部2を挟んで一方向に延びる第1層配線となる垂直選択線6、及び受光センサ部2を挟んで上記一方向と直交する他方向に延びる第2層配線群となる読み出しパルス線7と垂直信号線8を形成する。これらの垂直選択線6、読み出しパルス線7及び垂直信号線8は、A1を含む金属材料、本例ではA1により形成される。本例では、第2層配線群となる読み出しパルス線7及び垂直信号線8は、図2に示したように受光センサ部2に対して非対称位置に形成される。よって、ある画素の垂直信号線8と隣接画素の読み出しパルス線7とが受光センサ部2から異なる距離に配置されている。

25 次に、図7Bに示すように、読み出しパルス線7及び垂直信号線8を含む全面に、第1の平坦化膜(絶縁層)261を形成する。次に第1の屈折率を有する第1の絶縁層291を形成する。例えば第1の絶縁層291は、高密度プラズマCVD又はプラズマTEOS等の低温のCVD膜、例えばプラズマSiN膜(紫外領域の光を透過し易い膜)、あるいは第1の絶縁層と同程度の屈折率を

有するBPSG（ボロン・リン・シリケートガラス）膜を堆積して形成することができる。ここで、前述と同様に垂直選択線6とこの配線を絶縁する層間絶縁層22とを含んで第1層配線層が形成される。また、読み出しパルス線7、垂直選択線8とこれら配線5を絶縁する平坦化膜261とを含んで第2層配線層が形成される。

次に、図7Cに示すように、第1の絶縁層291上にフォトレジスト膜を形成し、パターニングして各受光センサ部上に対応する位置に夫々フォトレジスト膜によるリフロー膜27を形成する。

10 次に、図8Aに示すように、このリフロー膜27を所要の温度でリフローさせて、表面を凸状面としたリフロー膜271とする。

次に、図8Bに示すように、凸状面を有するリフロー膜271と共に、下層の第1の絶縁層291をエッチバックし、第1の絶縁層291にリフロー膜271の表面形状を転写し、第1の絶縁層291に凸状部291Aを形成する。この凸状部291Aは、その位置、大きさ、曲率、深さ等をリフロー膜271の形状、エッチング時間等により任意に制御することができる。

次に、図8Cに示すように、凸状部291Aを有する第1の絶縁層291上に第1の絶縁層291の表面形状に沿うように、第1の絶縁層291と同程度の屈折率を有する第2の絶縁層301を形成する。第2の絶縁層301は、例えば屈折率が2.0程度のプラズマCVD法による窒化シリコン膜（P-SiN膜）で形成することができる。

次に、図9Aに示すように、第2の絶縁層301上に第2の屈折率を有する第2の平坦化膜（絶縁層）302を形成する。第2の平坦化膜302は、例えば屈折率1.5程度の絶縁層で形成することができる。第2の平坦化膜302は、例えば、熱硬化性アクリル樹脂膜で形成することができる。これにより凸状部291

Aにおいて、屈折率の大きい第1及び第2の絶縁層291及び301と屈折率の小さい第2の平坦化膜302による単一の層内集光レンズ（凸レンズ）231が形成される。この層内集光レンズ231では、第2の平坦化膜302と第1及び第2の絶縁層291及び301の上面との界面で、屈折率の相対的な関係により、光が収束する方向に屈折する。

次に、図9Bに示すように、第2の平坦化膜302の上面にカラーフィルタ24を形成し、さらにカラーフィルタ24上にオンチップマイクロレンズ25を形成して、目的のCMOS型の固体撮像素子100を得る。

尚、第2の絶縁層301と平坦化膜302との界面には、両層の屈折率の中間の屈折率を有する反射防止膜を形成し、また、第1の平坦化膜261と第1の絶縁層291との界面にも両層の屈折率の中間の屈折率を有する反射防止膜を形成することができる。

本実施の形態に係るCMOS型の固体撮像素子100によれば、各受光センサ部2に対して単一の層内集光レンズ、本例では凸レンズ231を有するので、遮光パターン、配線パターン等が多く積層された構成でも、入射光を受光センサ部2へ最適に集光させることができる。最上層の配線7、8が受光センサ部2を挟んで両側に配置されている場合にも各受光センサ部に単一の層内集光レンズを有するので、集光率の向上が図れる。また、2つのシリンドリカルな層内集光レンズを組み合わせることなく、単一の層内集光レンズ231であるので、層内集光レンズの構成が簡単になる。配線6、7、8はA1を含む金属材料で形成できるので、配線6、7、8としての信頼性が得られる。また、撮像領域の種辺側の層内集光レンズ231は、レンズ中心が周辺へ行くに従って受光センサ部2の中心側に偏って形成されるので、斜め光によるシェーディングの改善が図れる。配線7、8が受光センサ部2

に対して非対称に配置されていても、層内集光レンズ 231 は、下地配線に影響されずに形成され、良好な集光が得られる。従って、精度のよい単一の層内集光レンズにより集光率が改善され、且つ信頼性の高い CMOS 型の固体撮像素子を提供することができる。

本実施の形態に係る CMOS 型の固体撮像素子 100 の製造方法によれば、第 1 の絶縁層 291 上に各受光センサ部 2 に対応して、表面が凸状面となしたリフロー膜 271 を形成し、このリフロー膜 271 と共に、第 1 の絶縁層 291 をエッチバックすることにより、第 1 の絶縁層 291 にリフロー膜の表面形状、即ち凸状面が転写される。この凸状部 291A に沿うように第 1 の絶縁層 291 上に第 1 の絶縁層 291 と同程度の屈折率（第 1 の屈折率）を有する第 2 の絶縁層 301 を形成した後、全面に第 2 の屈折率を有する第 2 の平坦化膜 302 を形成して凸状レンズによる層内集光レンズ 231 を形成するので、単一の層内集光レンズを容易に形成することができる。特に最上沿うの配線の一部が受光センサ部 2 を挟んで両側に平行して、且つ受光センサ部 2 に対して非対称に配置される場合に、下地配線に影響されずに各受光センサ部に対して層内集光レンズ 231 を形成することができる。

層内集光レンズ 231 の形状（レンズ高さ、レンズ位置、レンズの曲率等）は、フォトレジストによるリフロー膜 271 のパターンやエッチング条件等を変更することにより、簡単に調整することができる。高温のリフロー処理を必要としないので、配線 6、7、8 を A1 を含む金属材料で形成することができる。また、リフロー膜 271 の形状パターンを変更するだけで、簡単に層内集光レンズ 231 の中心を受光センサ部 2 の中心より撮像領域の中心側に偏らすことができる。これにより、撮像領域の周辺での斜め光によるシェーディング対策として、いわゆるレンズずらしに

よる瞳補正法を適用できる。このように本実施の形態の製造方法によれば、CMOS型の固体撮像素子における層内集光レンズ23を精度よく形成することができる。

図10は、本発明に係る固体撮像素子の他の実施の形態を示す。

5 本実施の形態においては層内レンズを各画素に複数設けている。

即ち、本実施の形態に係る固体撮像素子101は、前述の図3と同様に受光センサ部2、垂直選択用スイッチ素子3及び読み出し用スイッチ素子4を形成した半導体基板21上に、層間絶縁層22を介して第1層配線の垂直選択センサ部6と、第2層配線の読み出しパルス線7、垂直信号線8が形成され、その上に層間絶縁層26を介して各受光センサ部2の位置に対応するように下層の層内集光レンズ23が形成される。そして、さらに層間絶縁層40が形成され、この層間絶縁層40上に配線9が形成され、配線9を覆って平坦化した絶縁層46A上に上層の層内集光レンズ43が形成される。上層の層内集光レンズ43上には、カラーフィルタ24が形成され、その上に各受光センサ部2及び層内集光レンズ23、43に対応する位置にオンチップマイクロレンズ25が形成される。この配線9は、下層の配線と同様に、ある画素の配線9と隣接画素の配線9とが受光センサ部2から異なる距離に配置される。ここで、垂直選択線6とこの配線を絶縁する層間絶縁層22とを含んで第1層配線層が形成される。読み出しパルス線7、垂直選択線8とこれら配線を絶縁する絶縁層26を含んで第2層配線層が形成される。さらに配線9とこの配線を絶縁する絶縁層46Aとを含んで第3層配線層が形成される。

25 この固体撮像素子では、垂直信号線8と読み出しパルス線7よりさらに上方に配線9が設けられ、ある画素の配線9と、その隣接画素の配線9との間に対応する上部に上層の層内集光レンズ43を構成する凹部が設けられる。ここで、下側の層内レンズの凹

部は、垂直信号線 8、読み出しパルス線 7 を覆って平坦化する絶縁層 26 の上面に形成されており、一方、上側の層内レンズの凹部は、配線 9 を覆って平坦化する絶縁層 46A の上に別形成された絶縁層 46B の表面に形成されている。絶縁層 46A と絶縁層 46B とを別形成した場合は、その界面での屈折を利用して光をより効率的に受光センサ部に導くことができる。逆に絶縁層 26 のみを用いる場合は構成を削減できる。

また、図 10 は 2 つの凹部の層内レンズを設けた場合を示したが、凸部の層内レンズを含むようにしてもよく、また、層内レンズの数をさらに増やしてもよい。

また、図 10 のように層内レンズを複数設ける場合であって各層内レンズを必要に応じて、撮像領域の周辺にある画素においてほど、撮像領域の中心側に偏って形成しシェーディング対策をとることができる。

尚、図 10 においては絶縁層 26 と絶縁層 46A との間に層間膜 40 を設けたが必ずしも必要ない。

複数の層内レンズを設けたため、入射光をより多くの回数屈折させることにより効率的に受光部に導くことができる。

次に、上述した本実施の形態に係る CMOS 型の固体撮像素子 101 の製造方法の他の実施の形態を図 11 から図 15 を参照して説明する。

先ず、図 11A に示すように、半導体基板 21 に所謂 CMOS センサを構成する受光センサ部 2、図示せざるも垂直選択用スイッチ素子 3 及び読み出し用スイッチ素子 4 を形成した後、この半導体基板 21 上に層間絶縁層 22 を介して相互に絶縁された遮光膜、配線、本例では受光センサ部 2 を挟んで一方向に延びる第 1 層配線となる垂直選択線 6、及び受光センサ部 2 を挟んで上記一方向と直交する他方向に延びる第 2 層配線群となる読み出しパル



ス線 7 と垂直信号線 8 を形成する。これらの垂直選択線 6、読み出しパルス線 7 及び垂直信号線 8 は、A 1 を含む金属材料、本例では A 1 により形成される。本例では、第 2 配線群となる読み出しパルス線 7 及び垂直信号線 8 は、図 2 に示すように受光センサ部 2 に対して非対称位置に形成される。よって、ある画素の垂直信号線 8 と隣接画素の読み出しパルス線 7 とが受光センサ部 3 から異なる距離に配置されている。

次に、図 1 1 B に示すように、読み出しパルス線 7 及び垂直信号線 8 を含む全面に、第 1 の屈折率を有する第 1 の絶縁層 2 6 を形成し、その後、第 1 の絶縁層 2 6 を平坦化する。例えば第 1 の絶縁層 2 6 は、高密度プラズマ CVD 又はプラズマ TEOS 等の低温の CVD 膜、例えば BPSG (ボロン・リン・シリケートガラス) 膜を堆積して形成することができる。BPSG 膜は、前述したように屈折率が 1.40 ~ 1.46 程度である。平坦化は、CMP (化学的機械的研磨) 法を用いて行うことができる。

次に、図 1 1 C に示すように、第 1 の絶縁層 2 6 上にフォトリジスト膜を形成し、このフォトリジスト膜を各受光センサ部 2 に対応する位置に開口 2 7 A が形成されるようにパターンニングして、レジストマスク 2 7 を形成する。このレジストマスク 2 7 を介して等方エッチングにより、第 1 の絶縁層 2 6 を選択的にエッチング除去する。これにより、第 1 の絶縁層 2 6 には、各受光センサ部 2 に対応して層内集光レンズを形成するための凹部 2 8 が形成される。この凹部 2 8 は、その位置、大きさ、曲率、深さ等をレジストマスク 2 7 の開口 2 7 A、エッチング時間等により任意に制御することができる。

次に、レジストマスク 2 7 を除去した後、図 1 2 A に示すように、凹部 2 8 を埋めるように全面に第 2 の屈折率を有する第 2 の絶縁層 2 9 を形成する。第 2 の絶縁層 2 9 は、例えばプラズマ C

V D 法による窒化シリコン (P-S i N) 膜を堆積して形成することができる。この窒化シリコン膜は、前述したように屈折率が 2.0 程度である。

次に、図 1 2 B に示すように、エッチバック等により第 2 の絶縁層 2 9 を平坦化する。これにより凹部 2 8 において、屈折率の小さい第 1 の絶縁層 2 6 と屈折率の大きい第 2 の絶縁層 2 9 とによる単一の下層の層内集光レンズ(凹レンズ) 2 3 が形成される。この層内集光レンズ 2 3 では、平坦化された第 2 の絶縁層 2 9 の上面の界面と平坦化されない第 1 の絶縁層 2 6 の上面の界面で、  
10 屈折率の相対的な関係により、光が収束する方向に屈折する。

次に、図 1 2 C に示すように、下層の層内集光レンズ 2 3 が形成された表面上に、層間絶縁層 4 0 を形成した後、層間絶縁層 4 0 上に配線 9 を形成する。

次に、図 1 3 A に示すように、配線 9 を含む全面に、絶縁層 4 6 A を形成し、その後、絶縁層 4 6 A を平坦化する。さらに、平坦化された絶縁層 4 6 A 上に絶縁層 4 6 B を形成し平坦化する。例えば絶縁層 4 6 A は、高密度プラズマ C V D 又はプラズマ T E O S 等の低温の C V D 膜、例えば B P S G (ボロン・リン・シリケートガラス) 膜を堆積して形成することができる。B P S G 膜は、前述したように屈折率が 1.40 ~ 1.46 程度である。平坦化は、C M P (化学的機械的研磨) 法を用いて行うことができる。  
15 20

次に、図 1 3 B に示すように、絶縁層 4 6 B 上にフォトレジスト膜を形成し、このフォトレジスト膜を各受光センサ部 2 に対応する位置に開口 4 7 A が形成されるようにパターンニングして、レジストマスク 4 7 を形成する。このレジストマスク 4 7 を介して等方エッチングにより、絶縁層 4 6 B を選択的にエッチング除去する。これにより、絶縁層 4 6 B には、各受光センサ部 2 に対応  
25

して層内集光レンズを形成するための凹部 4 8 が形成される。この凹部 4 8 は、その位置、大きさ、曲率、深さ等をレジストマスク 4 7 の開口 4 7 A、エッチング時間等により任意に制御することができる。

5      次に、レジストマスク 4 7 を除去した後、図 1 4 A に示すように、凹部 4 8 を埋めるように全面に屈折率を有する絶縁層 4 9 を形成する。絶縁層 4 9 は、例えばプラズマ C V D 法による窒化シリコン (P-S i N) 膜を堆積して形成することができる。この窒化シリコン膜は、前述したように屈折率が 2. 0 程度である。

10      次に、図 1 4 B に示すように、エッチバック等により絶縁層 4 9 を平坦化する。これにより凹部 4 8 において、屈折率の小さい第 3 の絶縁層 4 6 B と屈折率の大きい第 4 の絶縁層 4 9 とによる単一の上層の層内集光レンズ (凹レンズ) 4 3 が形成される。この上層の層内集光レンズ 4 3 では、平坦化された第 4 の絶縁層 4 9 の上面の界面と平坦化されない第 3 の絶縁層 4 6 B の上面の界面で、屈折率の相対的な関係により、光が収束する方向に屈折する。

15      次に、図 1 5 に示すように、上記平坦化された上面にカラーフィルタ 2 4 を形成し、さらにカラーフィルタ 2 4 上にオンチップマイクロレンズ 2 5 を形成して、目的の C M O S 型の固体撮像素子 1 0 1 を得る。

20      なお、上例では、下層の層内集光レンズ 3 2 と上層の層内集光レンズ 4 3 とは、同じ屈折率の絶縁層を用いて形成したが、これに限定されるものではない。層内集光レンズ 2 3 と 4 3 を異なる屈折率の絶縁層で形成することも可能である。

25      本実施の形態に係る固体撮像素子 1 0 1 によれば、各受光センサ部 2 に対応して単一の層内集光レンズ、本例では凹部レンズ 2 3、4 3 を有するので遮光パターン、配線パターン等が多く積層

された構成でも、入射光を受光センサ部 2 へ最適に集光させることができる。特に、本実施の形態では各受光センサ部 2 に対して複数の層内集光レンズ 2 3、4 3 を設けることにより、入射光をより多くに回数屈折させることができ、より効率的に入射光を受光センサ部 2 に導くことができる。その他、前述と同様に、2 つのシリンドリカルな層内集光レンズを組み合わせることなく、単一の層内集光レンズ 2 3、4 3 であるので、層内集光レンズの構成が簡単になる、配線 6、7、8、9 は A 1 を含む金属材料で形成できるので、配線 6、7、8、9 としての信頼性が得られる、また、撮像領域の周辺側の層内集光レンズ 2 3、4 3 は、レンズ中心が周辺へ行くに従って受光センサ部 2 の中心側に偏って形成されるので斜め光によるシェーディングの改善が図れる。受光センサ部 2 に対して配線 7、8 が、また配線 9 が非対称に配置されていても、上層及び下層の層内集光レンズ 2 3、4 3 は下地配線に影響されずに形成され、良好な集光が得られる。したがって、精度のよい単一の層内集光レンズにより集光率が改善され、且つ信頼性の高い CMOS 型の固体撮像素子を提供することができる。

本実施の形態に係る CMOS 型の固体撮像素子 1 0 1 の製造方法によれば、第 1 の絶縁層の凹部をレジストマスクを介して等方性エッチングし、その後、第 2 の絶縁層を形成して下層の層内集光レンズ 2 3 を形成し、同じように第 3 の絶縁層の凹部をレジストマスクを介して等方性エッチングし、その後、第 4 の絶縁層を形成して上層の層内集光レンズ 4 3 を形成することにより、1 画素当たり複数の単一の層内集光レンズ 2 3、4 3 を容易に形成することができる。特に、配線の一部が受光センサ部 2 を挟んで両側に平行して且つ受光センサ部 2 に対して非対称に配置される場合に、下地の配線に影響されずに各受光センサ部 2 に対して複数の層内集光レンズを形成することができる。また、前述と同様に、

上下層の層内集光レンズ 2 3、4 3 の形状（レンズ高さ、レンズの位置、レンズの曲率等）は、レジストマスク 2 7 の開口 2 7 A、レジストマスク 4 7 の開口 4 7 A のパターンやエッチング条件等を変更することにより、簡単に調整することができる。高温のリフロー処理を必要としないので、配線 6、7、8、9 を A 1 を含む金属材料で形成することができる。レジストマスク 2 7、4 7 の開口パターンを変更するだけで、簡単に層内集光レンズ 2 3、4 3 の中心を受光センサ部 2 の中心より撮像領域の中心側に偏らすことができる。これにより、撮像領域の周辺での斜め光によるシェーディング対策とし、いわゆるレンズずらしによる瞳補正法を適用できる。

上述した本実施の形態に係る CMOS 型の固体撮像素子の製造方法においては、1 画素当たり 1 つ又は 2 つの層内レンズを有する場合を示したが、3 つ以上の層内レンズを有する場合も同様であり、凹部のレンズ、凸部のレンズを組み合わせることで複数形成することもできる。

また、上述した説明では省略したが、上記の製造工程の前に、受光部から電荷を読み出すための電荷読み出し用トランジスタを形成する工程、該電荷読み出し用トランジスタを動作させるためのゲート電極を形成する工程、該ゲート電極を覆って平坦化する平坦化層を形成する工程を含んでいることが多い。

なお、本発明は、最上層に遮光を兼ねるように各受光センサ部の周りに一体的に形成した配線を配置した CMOS 型の固体撮像素子にも適用できる。その場合は、この最上層の配線が所定の電圧源に接続されているものであることが多い。

また、上記の説明では、受光センサ部から異なる距離に設けられた配線を、ある画素の垂直信号線 8 と隣接画素の読み出しパルス線 7 としたが、この構成に限らず、ドレイン信号線やトランジ

スタ駆動用の様々なパルス線等でもよいし、隣接画素の配線ではなく、2配線共に同一の画素に属する配線であってもよい。

また、「固体撮像素子」は上記の説明に用いた構成のみを含む場合に限らず、必要な光学系、撮像チップ、及び信号処理チップ等をまとめてモジュール化した素子のことをも示すものとする。

上述したように、本発明の固体撮像素子は、受光センサ部とMOSトランジスタからなる画素を有した、いわゆるCMOS型の固体撮像素子である。本発明のCMOS型の固体撮像素子では、各受光センサ部に対応して夫々層内集光レンズが形成されるので、遮光パターン、配線パターン等が多く積層されていても受光センサ部への最適な集光が可能になる。しかも、単一の層内集光レンズであるので、層内集光レンズの構成が簡単になり、高信頼性化が図れる。

本発明の固体撮像素子の製造方法では、画素が形成された半導体領域上の第1の屈折率を有する第1の絶縁層を、エッチング用マスクを介して等方性エッチングにより選択除去し各受光センサ部に対応した位置に凹部を形成するので、凹部の大きさ、位置、曲率、等を任意に設定できる。その後、凹部内に第2の屈折率を有する第2の絶縁層を形成して層内集光レンズを形成するので、レンズの高さ及び大きさ、レンズの位置、レンズの曲率等を最適化することができる。また、下地に影響されずに形成される。層内集光レンズは、従って、最適集光のための層内集光レンズの形成が可能になる。

本発明の固体撮像素子の製造方法では、受光センサ部に対応して形成した凸状湾曲面をなしたリフロー膜と共に、第1の屈折率を有する第1の絶縁層をエッチバックして、リフロー膜の形状を第1の絶縁層に転写し、第2の屈折率を有する平坦化膜を形成して層内集光レンズを形成するので、レンズの高さ及び大きさ、レ

レンズの位置、レンズの曲率等を最適化することができる。また、層内集光レンズは、下地に影響されずに形成される。従って、最適集光のための層内集光レンズの形成が可能になる。

## 請 求 の 範 囲

1. 受光部を含む複数の画素と、前記受光部の上方に形成された、  
複数の配線を含む配線層と複数のレンズとを有し、前記複数のレ  
ンズの少なくとも1つは、エッチングにより形成された凹部を有  
5 する第1の層と、前記凹部を埋めるように形成された第2の層と  
から成る層内レンズであることを特徴とする固体撮像素子。
2. 前記配線層は少なくとも、前記受光部を挟んだ両側に形成さ  
れた第1の配線と、第2の配線とを有し、前記第1の配線と前記  
第2の配線とは前記受光部からの距離が異なっており、前記層内  
10 レンズは前記第1の配線と前記第2の配線との間に位置すること  
を特徴とする請求の範囲第1項に記載の固体撮像素子。
3. 前記第1の配線と前記第2の配線とは一体的に形成され、所  
定の電圧源に接続されていることを特徴とする請求の範囲第2項  
に記載の固体撮像素子。
- 15 4. 前記画素は電荷読み出し用トランジスタと、前記電荷読み出  
し用トランジスタのゲート電極を覆って平坦化する平坦化膜とを  
有し、前記複数の配線は前記平坦化膜の上方に形成されているこ  
とを特徴とする請求の範囲第1項に記載の固体撮像素子。
5. 前記第1の層は前記複数の配線を直接覆って形成されて前記  
20 配線層を構成する絶縁層であることを特徴とする請求の範囲第1  
項に記載の固体撮像素子。
6. 前記第1の層は前記配線層上に形成された絶縁層であること  
を特徴とする請求の範囲第1項に記載の固体撮像素子。
7. 前記層内レンズは、撮像領域の中心から離れた画素において  
25 ほど、その中心が前記受光部の中心上から前記撮像領域の中心側  
に偏って形成されていることを特徴とする請求の範囲第1項に記  
載の固体撮像素子。
8. 前記複数のレンズの少なくとも1つは前記層内レンズの上方



に形成されたオンチップレンズであることを特徴とする請求の範囲第 1 項に記載の固体撮像素子。

5 9. 受光部を含む複数の画素と、前記受光部の上方に形成された、複数の配線を含む配線層と複数のレンズとを有し、前記複数のレンズの少なくとも 1 つは、エッチングにより形成された凸部を有する第 1 の層と、前記凸部を覆って形成された第 2 の層とから成る層内レンズであることを特徴とする固体撮像素子。

10 10. 前記配線層は少なくとも、前記受光部を挟んだ両側に形成された第 1 の配線と、第 2 の配線とを有し、前記第 1 の配線と前記第 2 の配線とは前記受光部からの距離が異なっており、前記層内レンズは前記第 1 の配線と前記第 2 の配線との間に位置することを特徴とする請求の範囲第 9 項に記載の固体撮像素子。

15 11. 前記第 1 の層と前記第 2 の層との間に前記凸部を覆って形成された第 3 の層を有することを特徴とする請求の範囲第 9 項に記載の固体撮像素子。

20 12. 基板表面に複数の受光部を形成する工程と、前記受光部を挟んだ両側に配線を形成する工程と、第 1 の屈折率を有する第 1 の絶縁層を形成する工程と、エッチング用マスクを用いて前記第 1 の絶縁層をエッチングし、前記受光部の上方に凹部を形成する工程と、前記凹部を埋めるように第 2 の屈折率を有する第 2 の絶縁層を形成する工程とを有することを特徴とする固体撮像素子の製造方法。

25 13. 前記配線を形成する工程より前に、電荷読み出し用トランジスタを形成する工程と、前記電荷読み出し用トランジスタを動作するためのゲート電極を形成する工程と、前記ゲート電極を覆って平坦化する平坦化膜を形成する工程とを有し、前記配線及び前記凹部は前記平坦化膜より上方に形成されることを特徴とする請求の範囲第 12 項に記載の固体撮像素子の製造方法。

- 1 4 . 基板表面に複数の受光部を形成する工程と、前記受光部を挟んだ両側に配線を形成する工程と、第 1 の屈折率を有する第 1 の絶縁層を形成する工程と、前記第 1 の絶縁層上の前記受光部に対応した位置にリフロー処理により表面が凸状面をなしたリフロー膜を形成する工程と、前記リフロー膜と共に前記第 1 の絶縁層をエッチバックして、前記第 1 の絶縁層に前記凸状面を転写する工程と、前記第 1 の絶縁層上に第 2 の屈折率を有する第 2 の絶縁層を形成する工程とを有することを特徴とする固体撮像素子の製造方法。
- 5 1 5 . 前記第 2 の絶縁層を形成する工程より前に、前記第 1 の絶縁層の前記凸状面を覆う第 3 の絶縁層を形成することを特徴とする請求の範囲第 1 4 項に記載の固体撮像素子の製造方法。
- 1 6 . 受光部と MOS トランジスタからなる画素が複数配列されてなり、前記各受光部に対応して夫々単一の層内レンズが形成されて成ることを特徴とする固体撮像素子。
- 15 1 7 . 前記受光部より上方に形成された最上層の配線の一部が前記受光部を挟む両側に位置して成ることを特徴とする請求の範囲第 1 6 項に記載の固体撮像素子。
- 1 8 . 前記層内レンズが撮像領域の周辺に行くに従って、レンズ中心を受光部の中心より撮像領域の中心側に偏って形成されて成ることを特徴とする請求の範囲第 1 6 項に記載の固体撮像素子。
- 20 1 9 . 前記受光部を挟む両側に位置する最上層の配線の一部が、前記受光部に対して非対称に配置され、前記非対称の配線に影響されずに前記層内レンズが形成されて成ることを特徴とする請求の範囲第 1 6 項に記載の固体撮像素子。
- 25 2 0 . 前記配線が A 1 を含む金属材で形成されて成ることを特徴とする請求の範囲第 1 6 項に記載の固体撮像素子。
- 2 1 . 受光部と MOS トランジスタからなる複数の画素が配列さ

れた半導体領域上に絶縁層を介して各受光部を挟む配線を形成する工程と、全面に第1の屈折率を有する第1の絶縁層を形成する工程と、エッチング用マスクを有して前記第1の絶縁層を各受光部に対応する位置で等方性エッチングにより選択的に除去して各受光部に対応した凹部を形成する工程と、前記凹部を含む全面に第2の屈折率を有する第2の絶縁層を形成する工程と、前記第2の絶縁層を平坦化して前記凹部内に第2の絶縁層を残し、前記第1及び第2の絶縁層により単一の層内レンズを形成する工程とを有することを特徴とする固体撮像素子の製造方法。

- 5 22. 受光部とMOSトランジスタからなる複数の画素が配列された半導体領域上に絶縁層を介して各受光部を挟む配線を形成する工程と、全面に第1の屈折率を有する第1の絶縁層を形成する工程と、前記第1の絶縁層上の各受光部に対応した位置に、リフロー処理により表面が凸状湾曲面をなしたリフロー膜を形成する工程と、前記リフロー膜と共に前記第1の絶縁層をエッチバックして、前記第1の絶縁層に前記凸状湾曲面を転写する工程と、前記第1の絶縁層上に第2の屈折率を有する平坦化膜を形成して前記第1の絶縁層及び前記平坦化膜により単一の層内レンズを形成する工程とを有することを特徴とする固体撮像素子の製造方法。

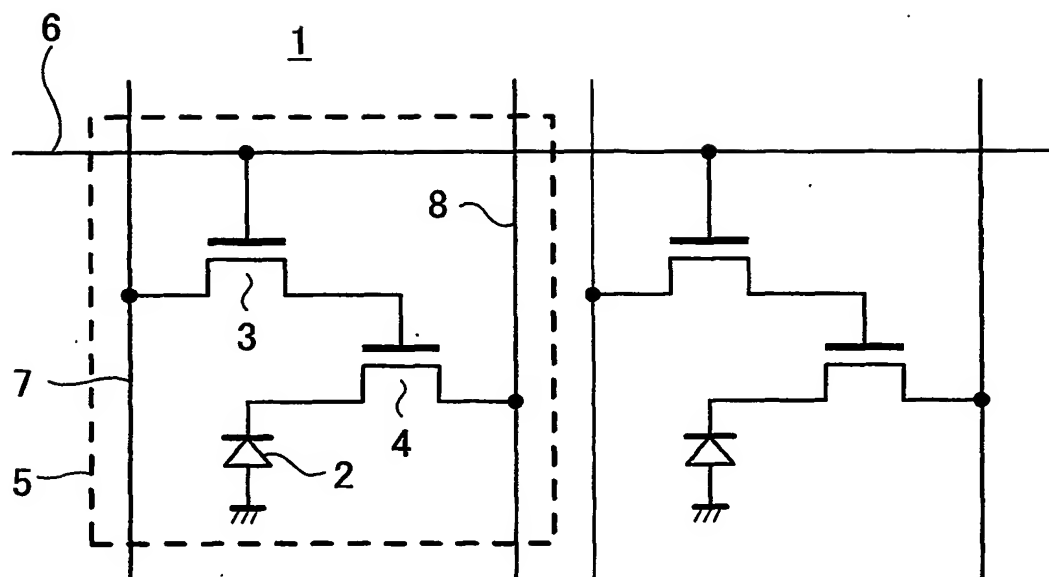
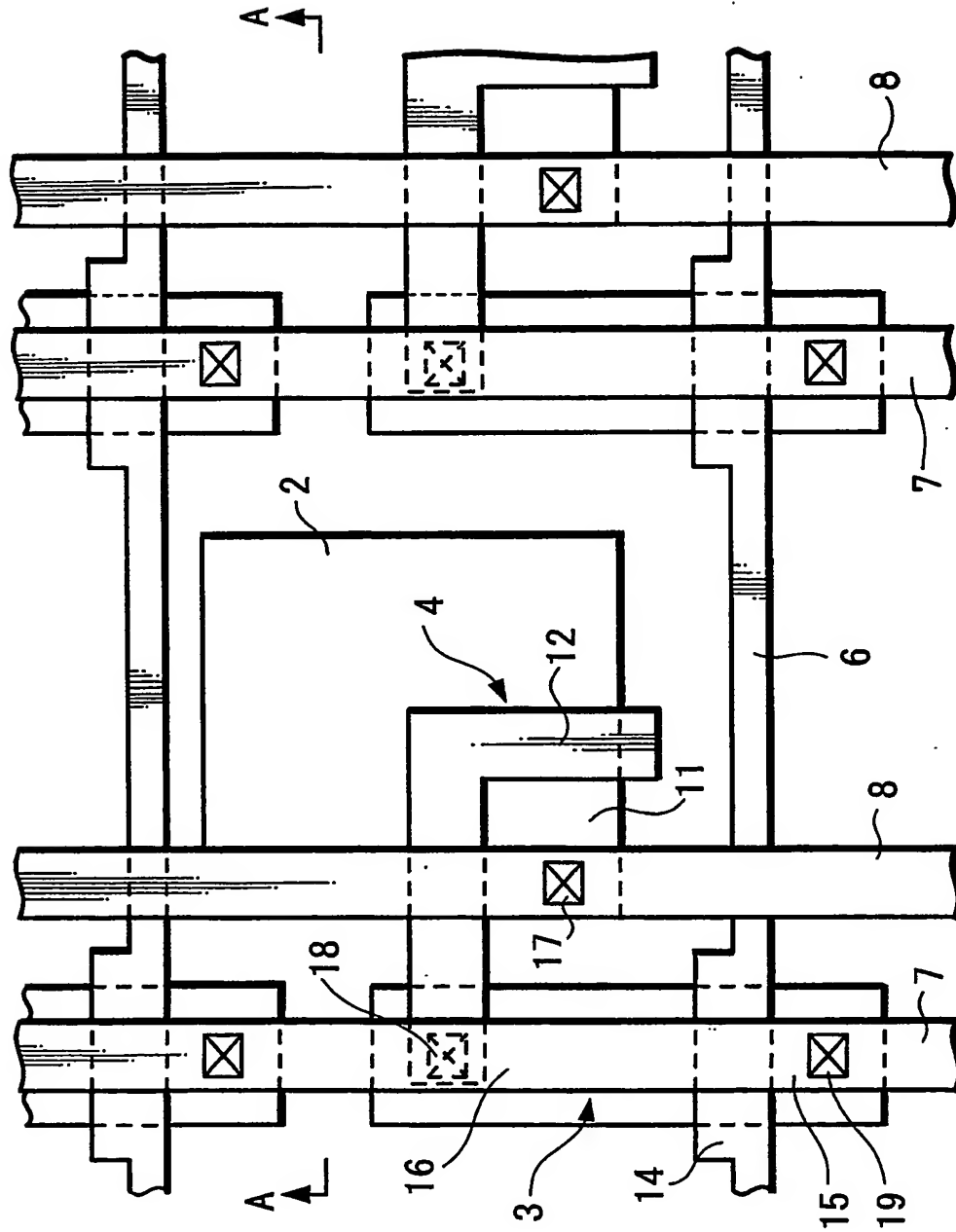
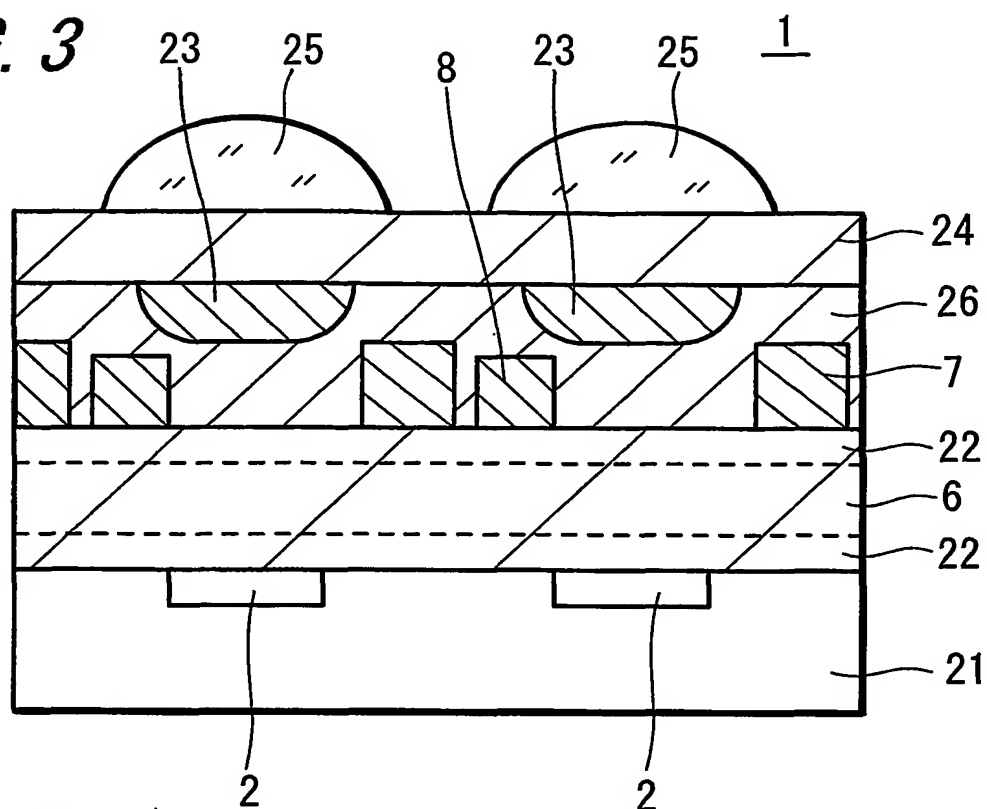
**FIG. 1**

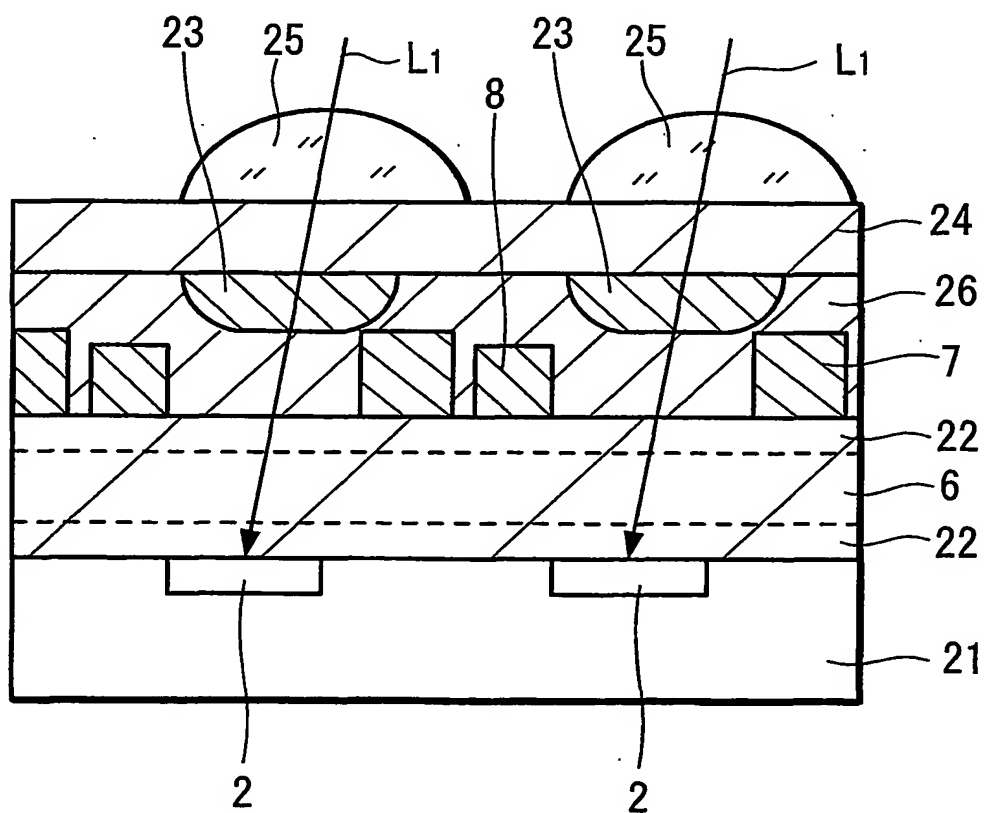
FIG. 2



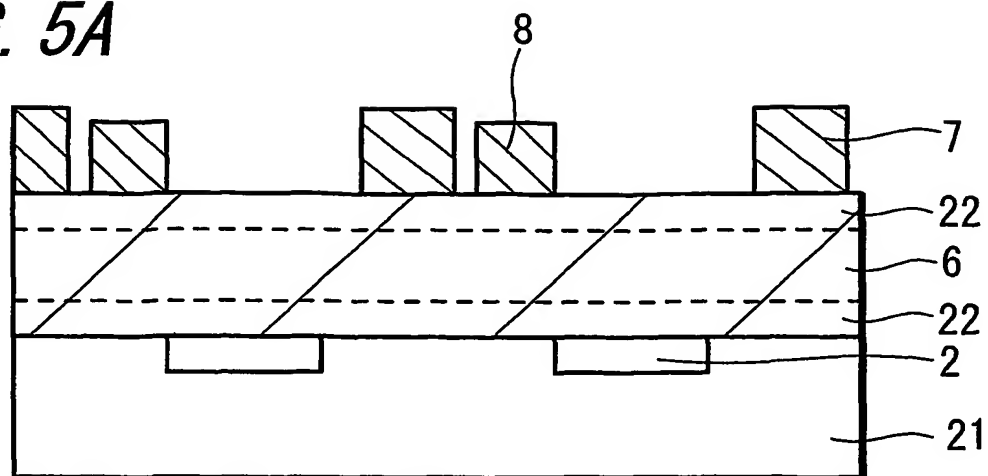
**FIG. 3**



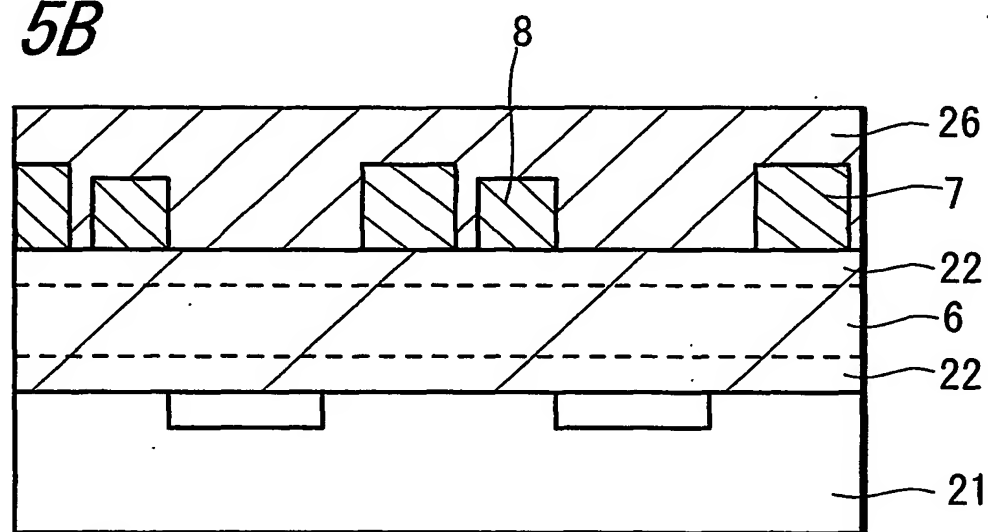
**FIG. 4**



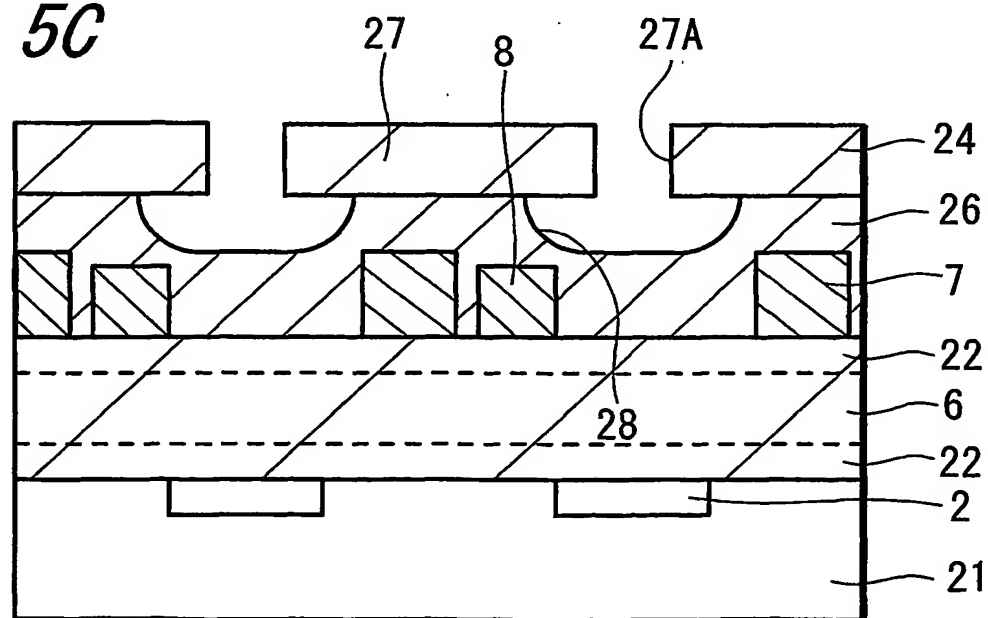
**FIG. 5A**



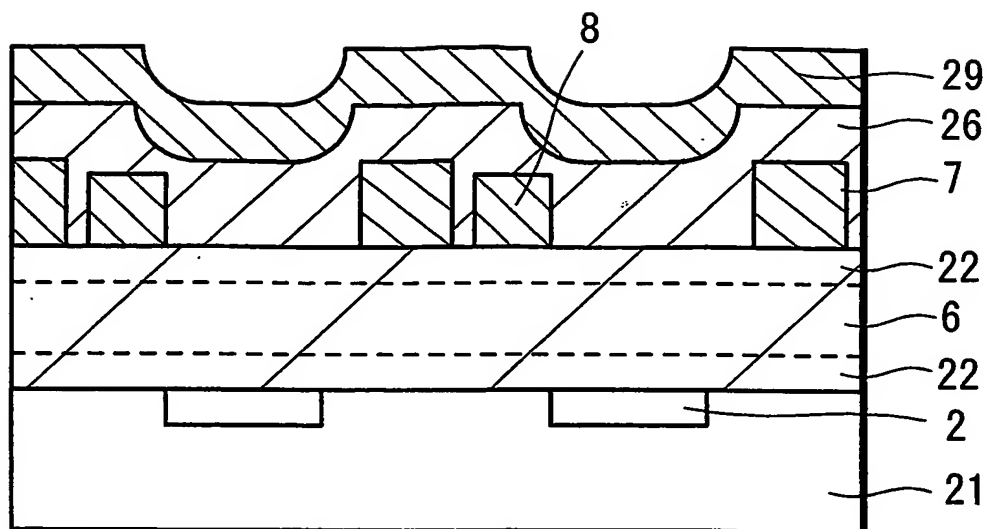
**FIG. 5B**



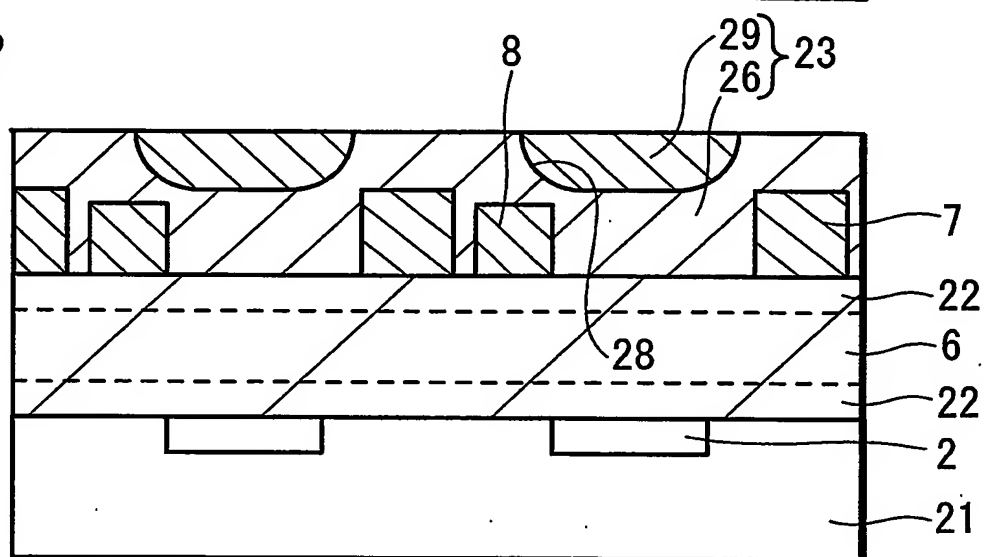
**FIG. 5C**



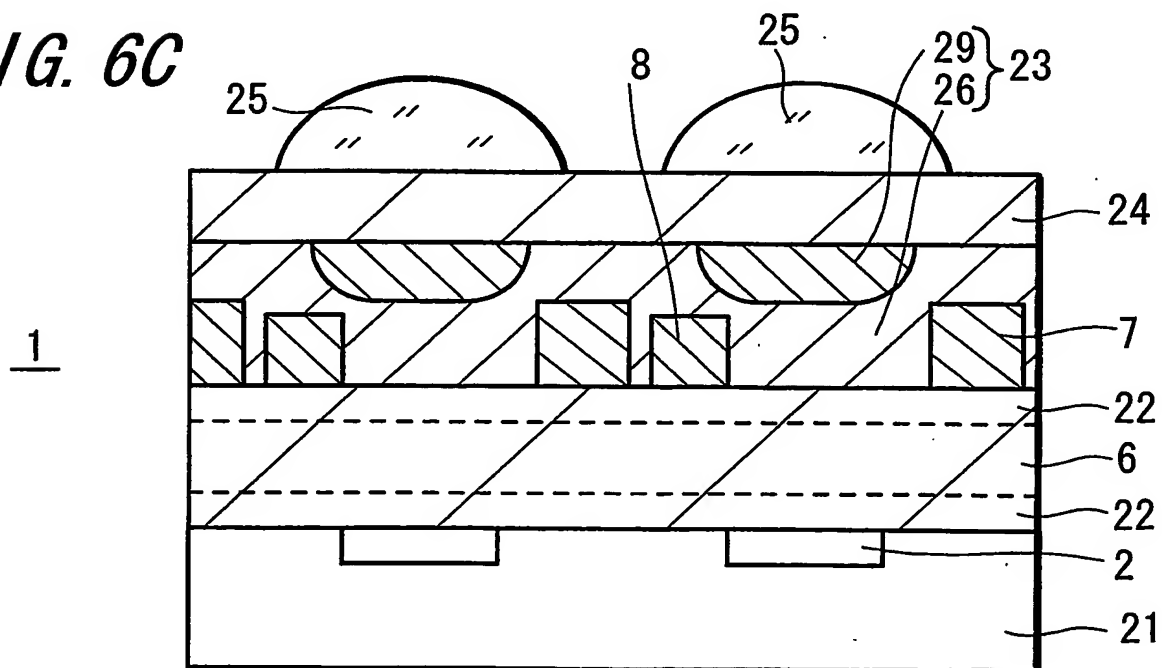
**FIG. 6A**



**FIG. 6B**

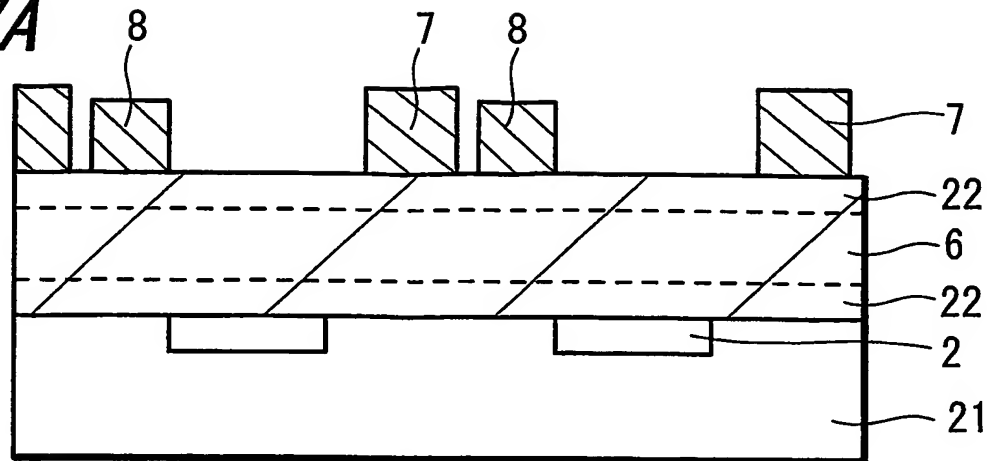


**FIG. 6C**

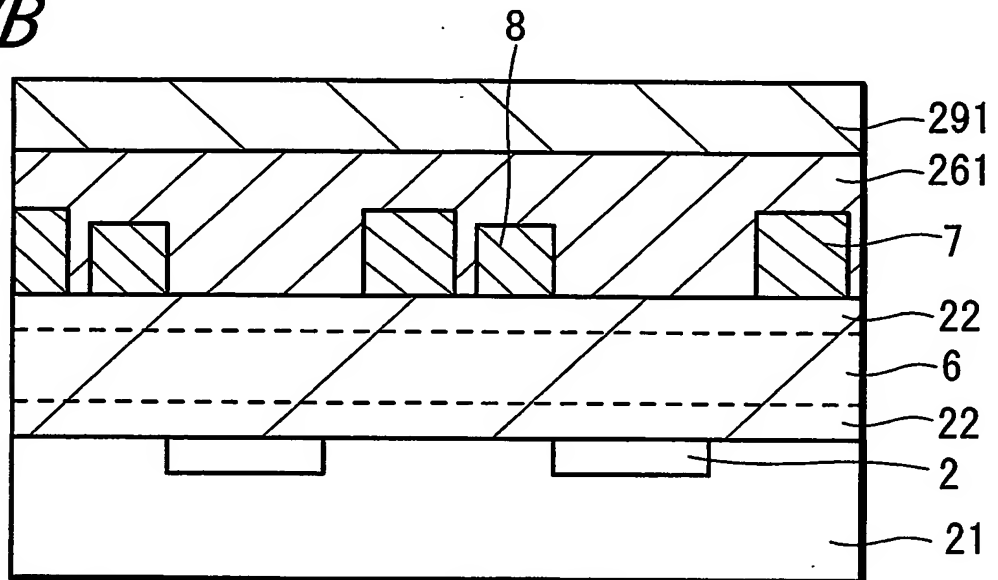




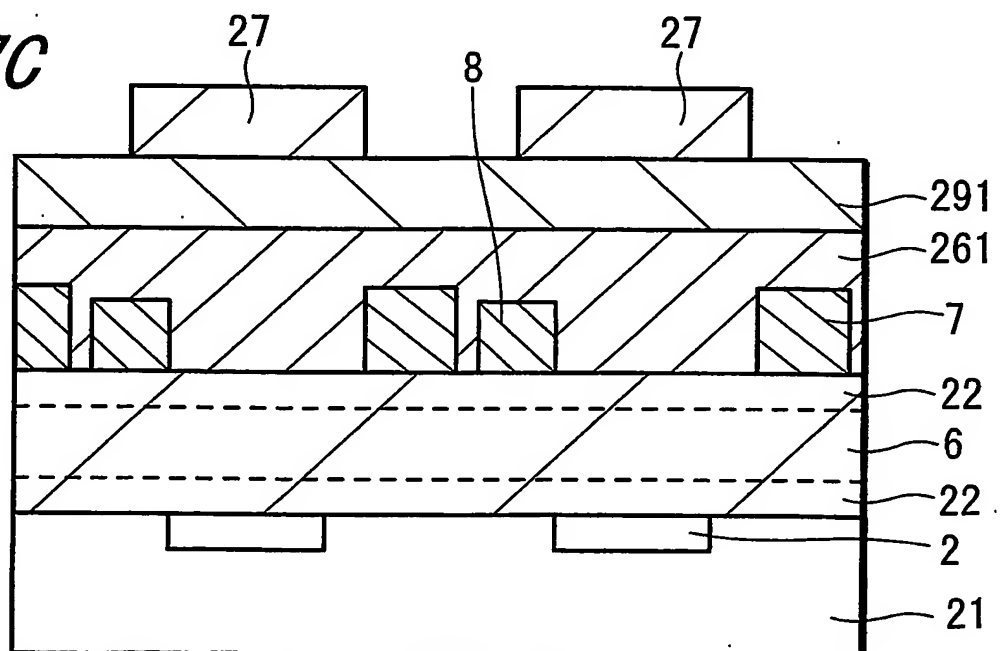
**FIG. 7A**



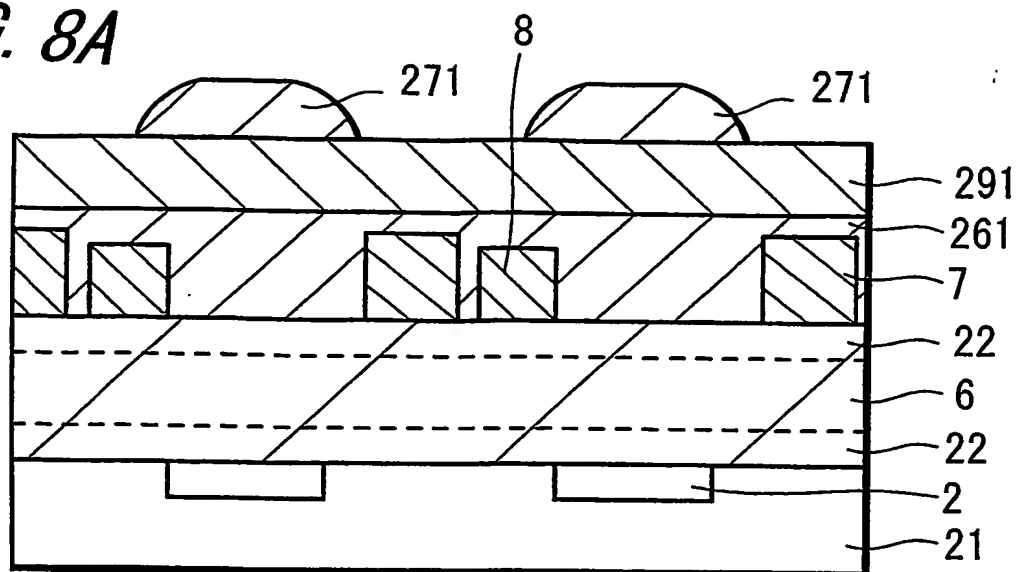
**FIG. 7B**



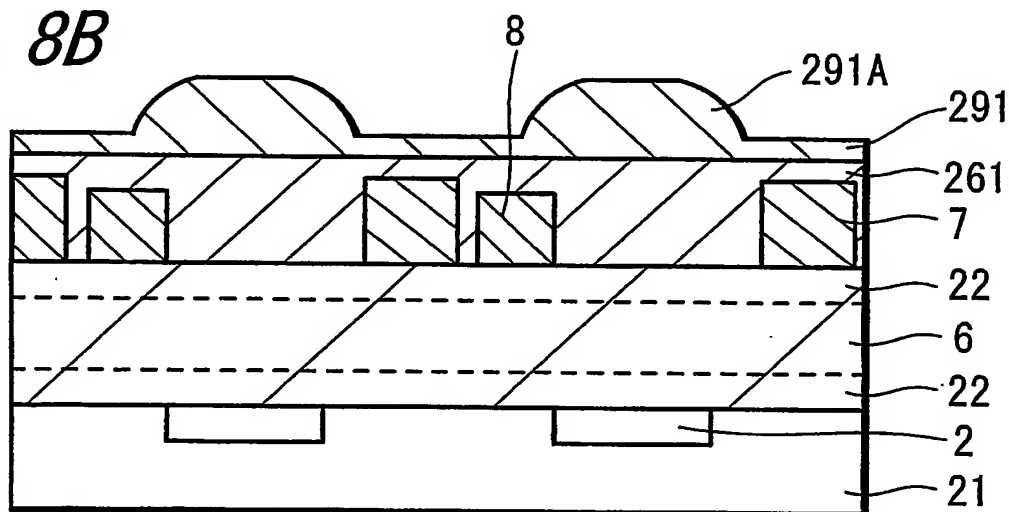
**FIG. 7C**



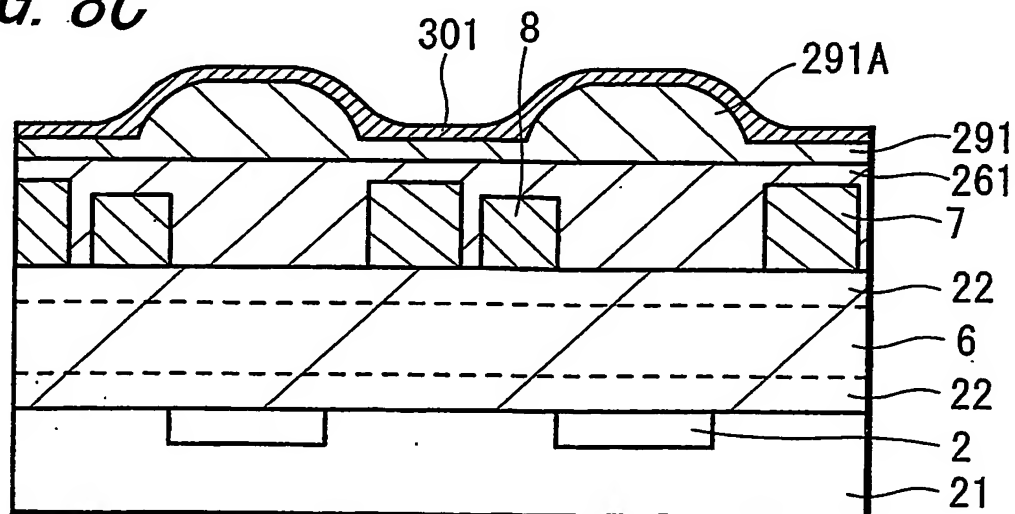
**FIG. 8A**



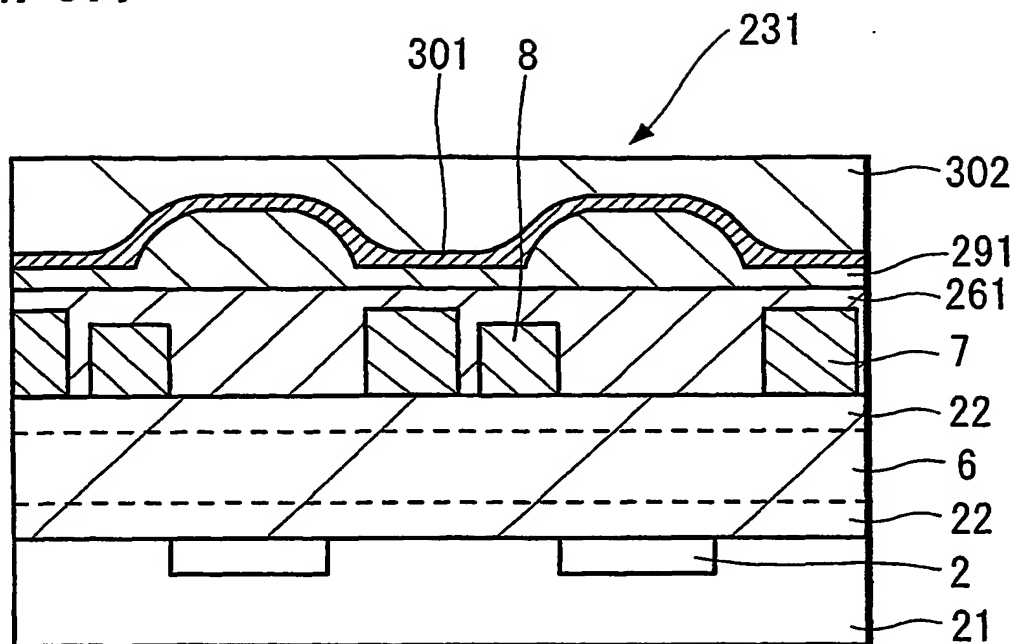
**FIG. 8B**



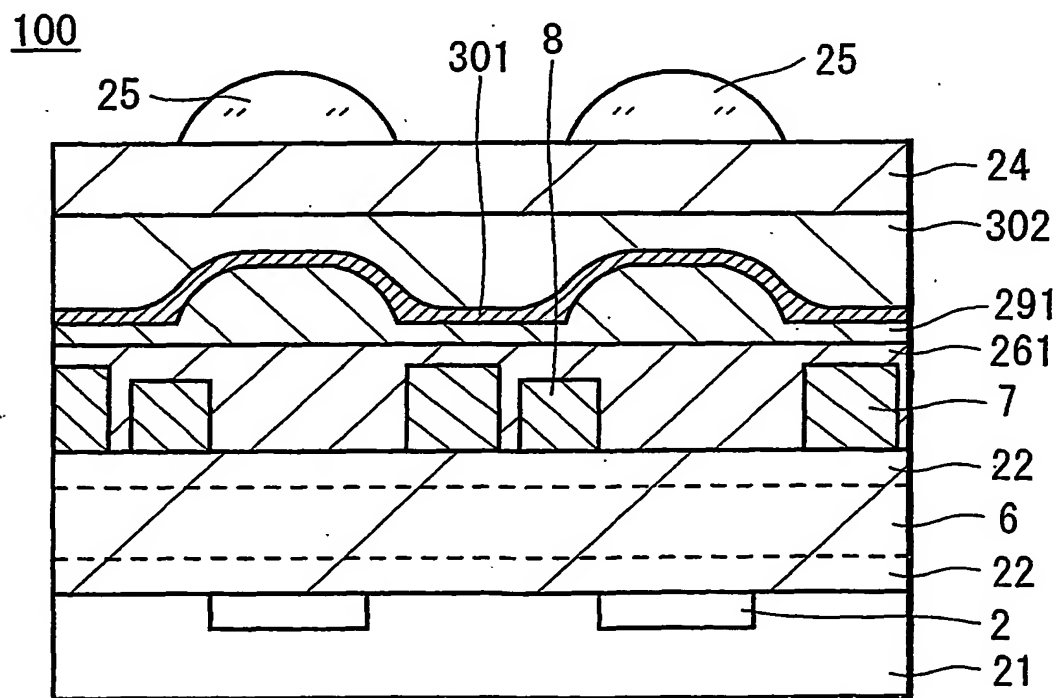
**FIG. 8C**



**FIG. 9A**



**FIG. 9B**



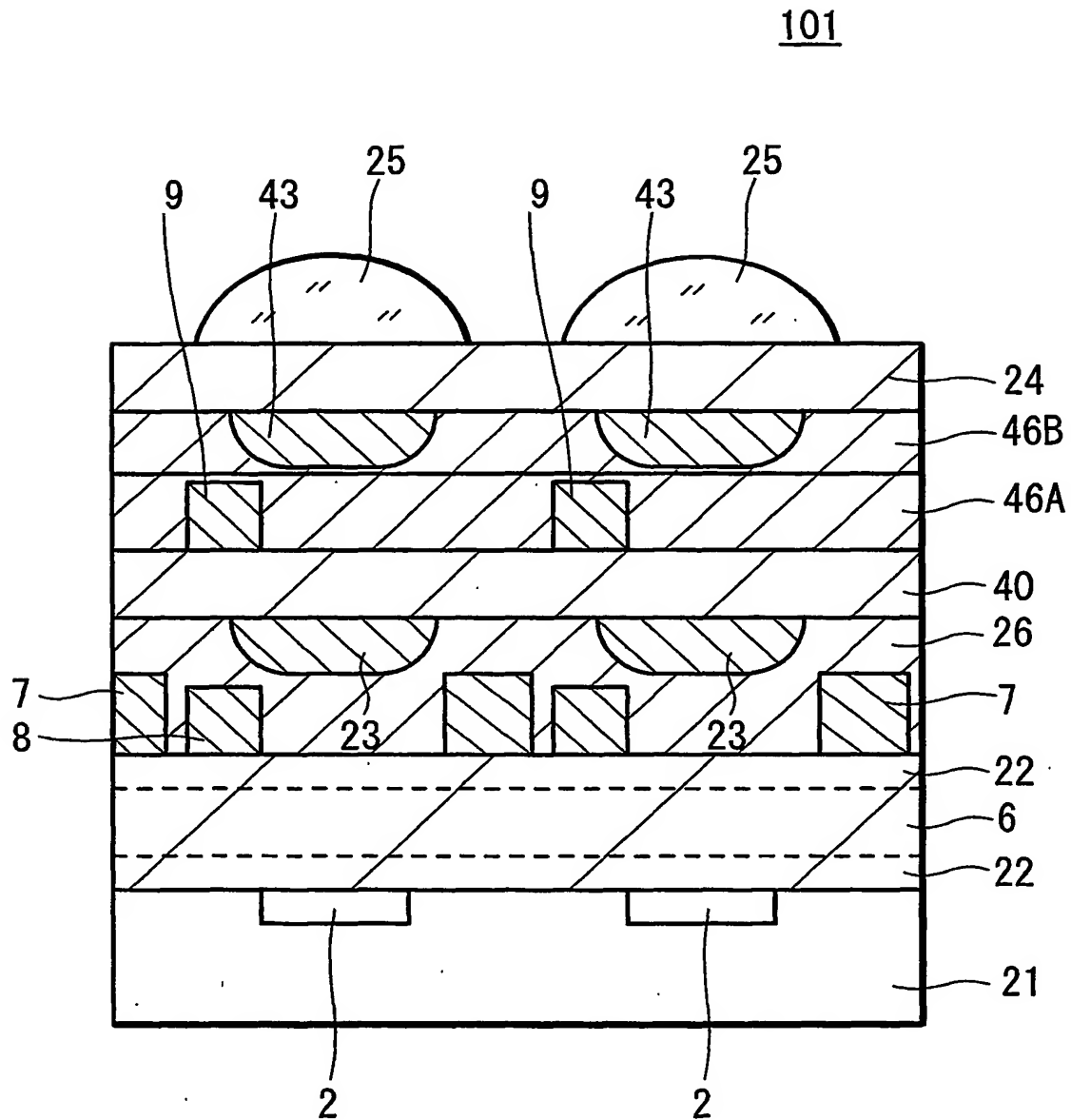
*FIG. 10*

FIG. 11A

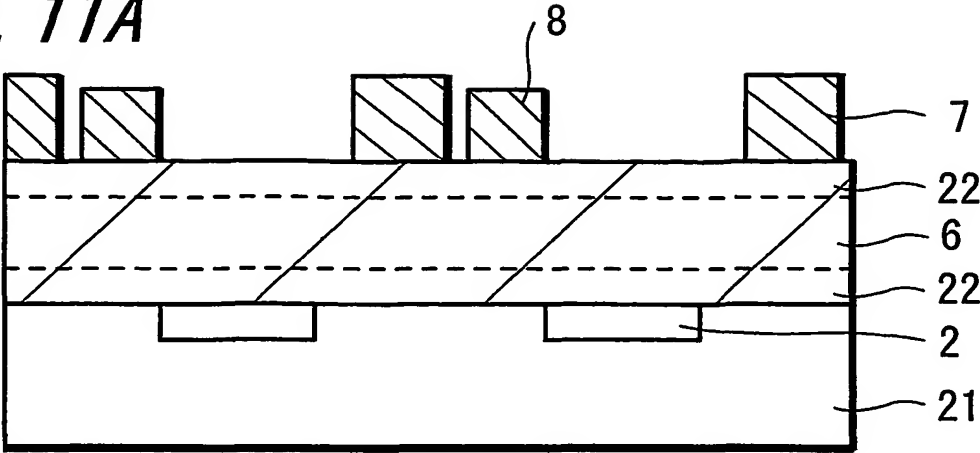


FIG. 11B

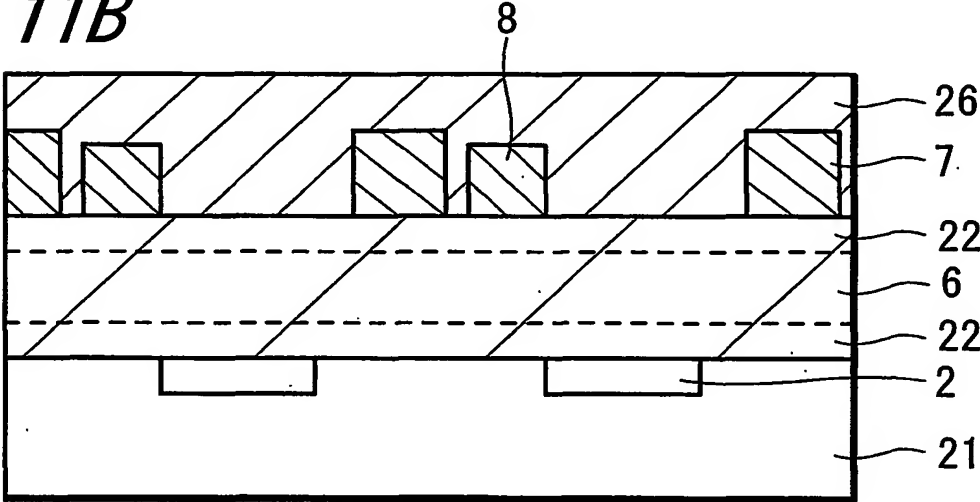
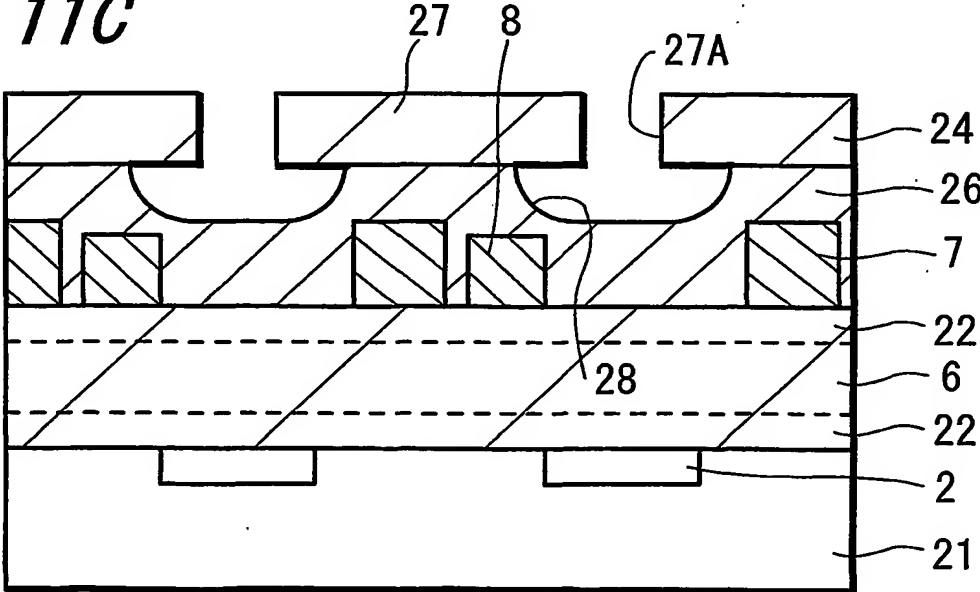
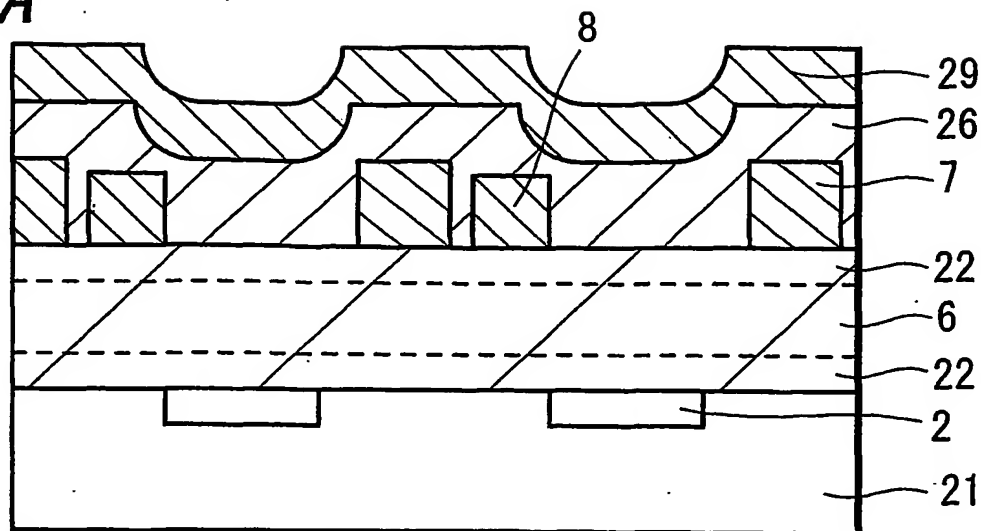


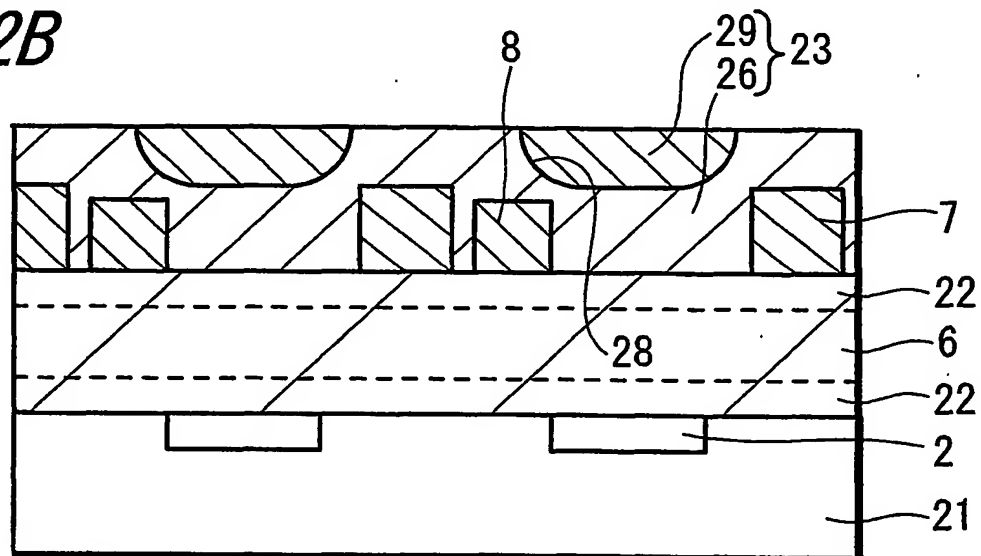
FIG. 11C



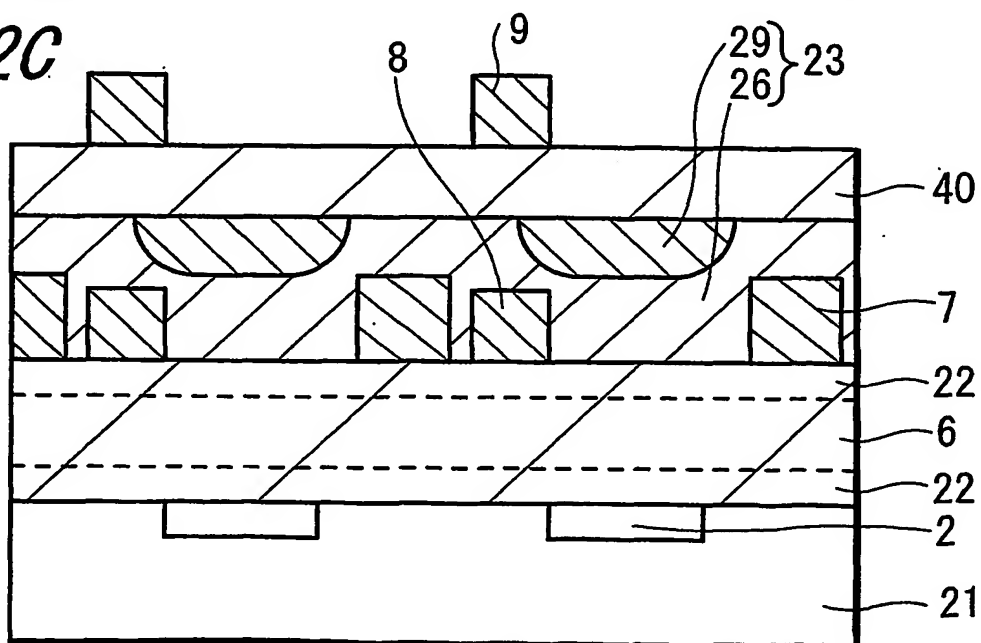
**FIG. 12A**



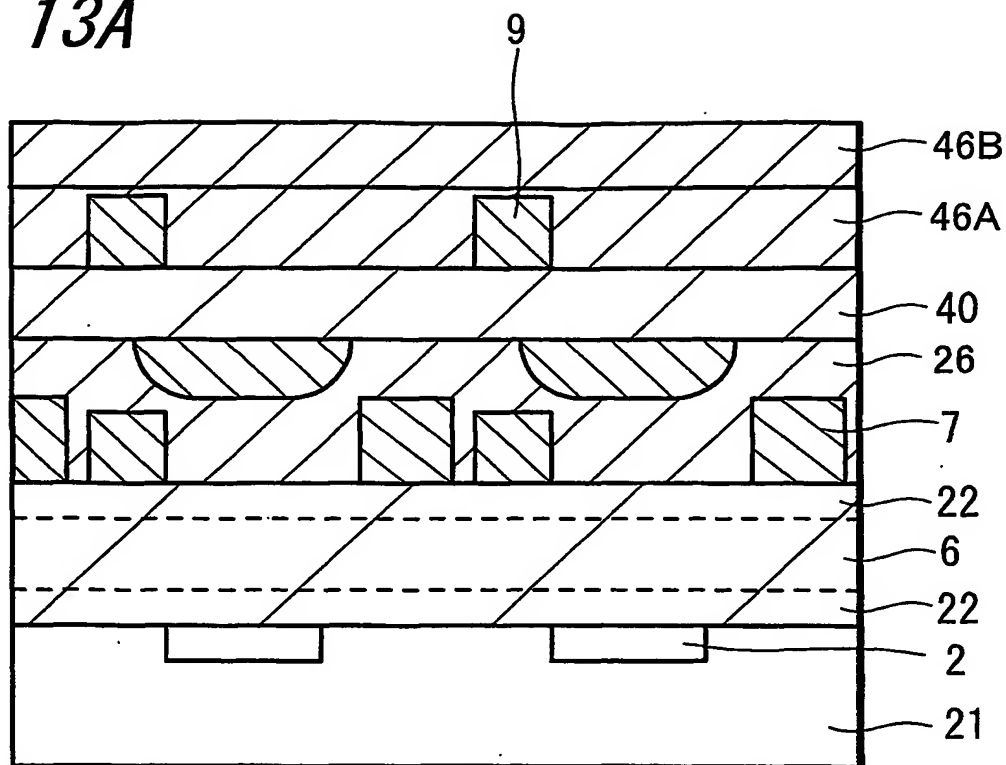
**FIG. 12B**



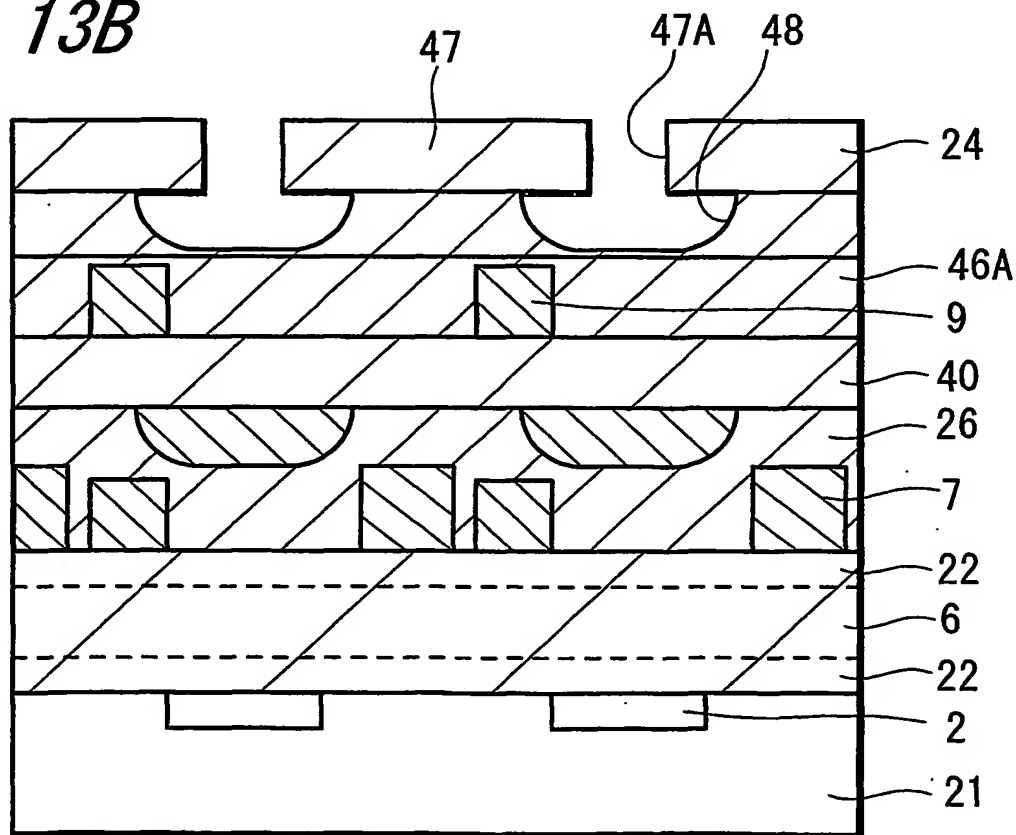
**FIG. 12C**



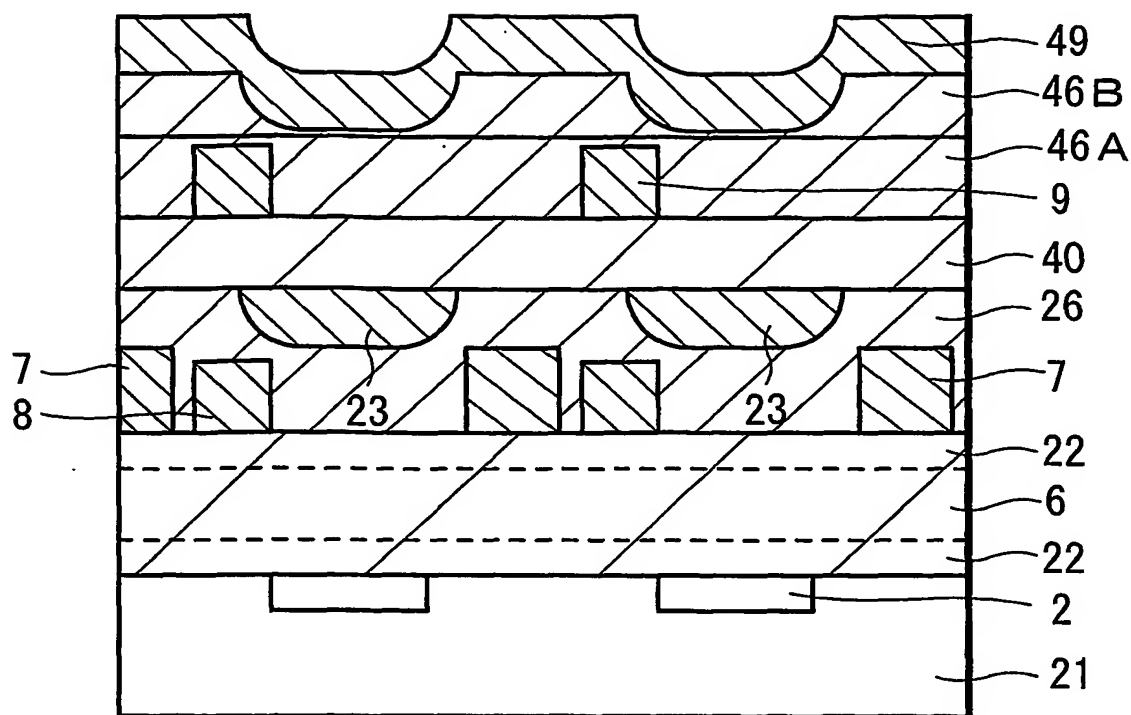
**FIG. 13A**



**FIG. 13B**



**FIG. 14A**



**FIG. 14B**

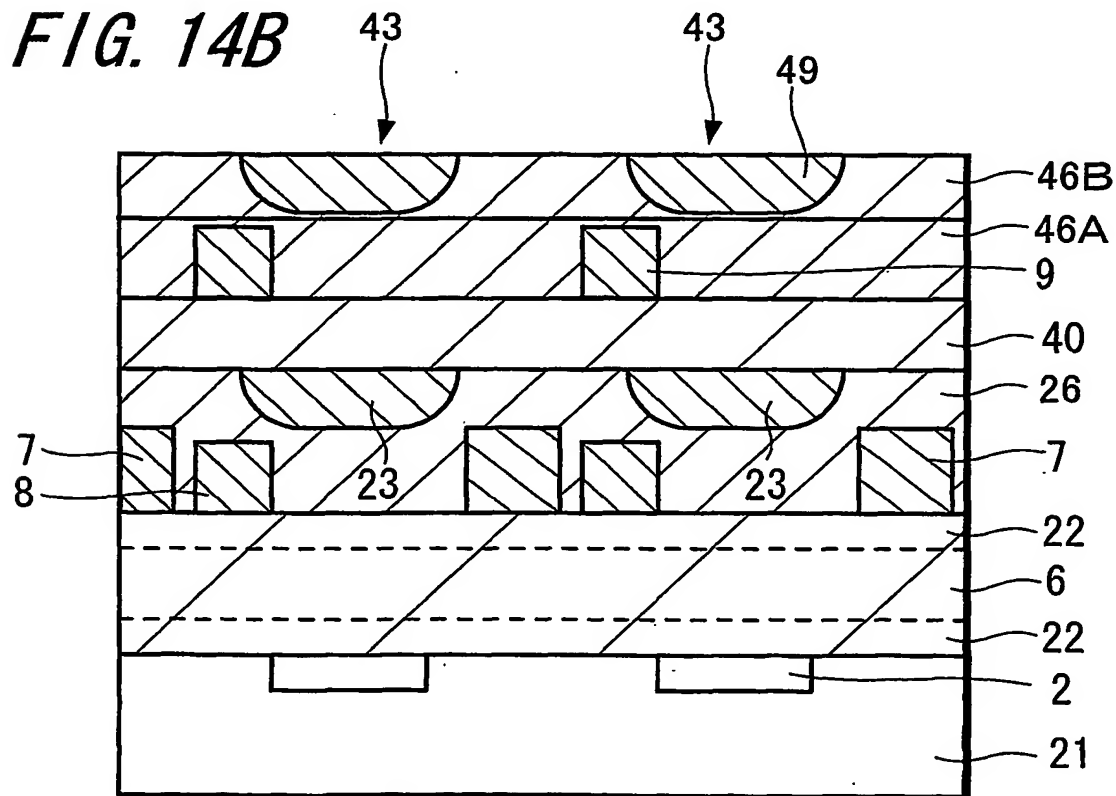
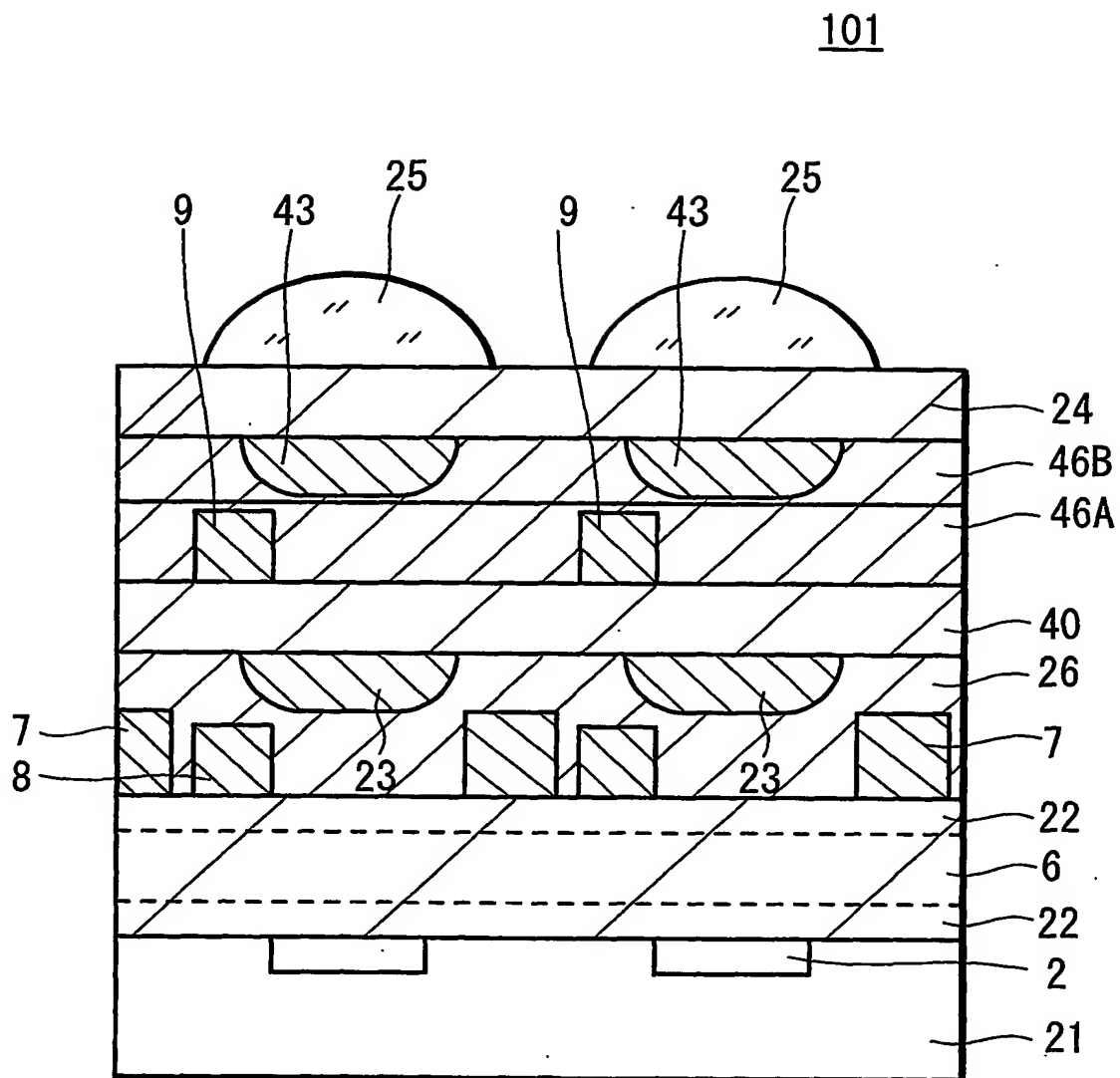




FIG. 15



## 引用符号の説明

1	．．．．．	固体撮像素子
2	．．．．．	受光センサ部
3	．．．．．	垂直選択用スイッチ素子
4	．．．．．	読み出し用スイッチ素子
5	．．．．．	単位画素
6	．．．．．	垂直選択線
7	．．．．．	読み出しパルス線
8	．．．．．	垂直信号線
9	．．．．．	配線
1 1	．．．．．	半導体領域
1 2	．．．．．	ゲート電極
1 4	．．．．．	ゲート電極
1 5	．．．．．	一方の領域
1 6	．．．．．	他方の領域
2 1	．．．．．	半導体基板
2 2	．．．．．	層間絶縁層
2 3	．．．．．	層内集光レンズ
2 4	．．．．．	カラーフィルタ
2 5	．．．．．	オンチップマイクロレンズ
2 6	．．．．．	第 1 の絶縁層
2 7	．．．．．	レジストマスク
2 7 A	．．．．．	開口
2 8	．．．．．	凹部
2 9	．．．．．	第 2 の絶縁層
4 0	．．．．．	層間絶縁層
4 3	．．．．．	層内集光レンズ
4 6 A	．．．．．	絶縁層

4 6 B	・ ・ ・ ・ ・	第 3 の絶縁層
4 7	・ ・ ・ ・ ・	レジストマスク
4 7 A	・ ・ ・ ・ ・	開口
1 0 0	・ ・ ・ ・ ・	固体撮像素子
1 0 1	・ ・ ・ ・ ・	固体撮像素子
2 3 1	・ ・ ・ ・ ・	層内集光レンズ
2 6 1	・ ・ ・ ・ ・	第 1 の平坦化膜
2 7 1	・ ・ ・ ・ ・	リフロー膜
2 9 1	・ ・ ・ ・ ・	第 1 の絶縁層
2 9 1 A	・ ・ ・ ・ ・	凸状部
3 0 1	・ ・ ・ ・ ・	第 2 の絶縁層
3 0 2	・ ・ ・ ・ ・	第 2 の平坦化膜

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/11915

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H01L27/14, H01L31/10, H04N3/335

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H01L27/14, H01L27/146, H01L31/10, H04N3/335

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2002-110953 A (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA), 12 April, 2002 (12.04.02), Par. Nos. [0020] to [0030] (Family: none)	1-6, 12, 13, 16, 17, 19-21 7-11, 14, 15, 18, 22
Y	US 6344666 B1 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA), 05 February, 2002 (05.02.02), Column 5, line 66 to column 6, line 13 & JP 2000-150849 A Par. No. [0023]	7, 18
Y	EP 948055 A2 (CANON KABUSHIKI KAISHA), 06 October, 1999 (06.10.99), Par. No. [0016] & JP 11-274443 A Par. No. [0014] & US 6188094 B1 & US 6605850 B1	8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 12 December, 2003 (12.12.03)	Date of mailing of the international search report 24 December, 2003 (24.12.03)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
--	--------------------

Facsimile No.	Telephone No.
---------------	---------------

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/11915

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 11-40787 A (Sony Corp.), 12 February, 1999 (12.02.99), Par. Nos. [0016] to [0020] (Family: none)	9-11, 14, 15, 22
A	JP 9-116914 A (Sony Corp.), 02 May, 1997 (02.05.97), Full text (Family: none)	1-22
A	US 6104021 A (NEC CORP.), 15 August, 2000 (15.08.00), Full text & JP 10-284710 A Full text & CN 1196580 A & KR 98081184 A	1-22

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01L27/14, H01L31/10, H04N3/335

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01L27/14, H01L27/146, H01L31/10, H04N3/335

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2003年
日本国実用新案登録公報	1996-2003年
日本国登録実用新案公報	1994-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 2002-110953 A (株式会社東芝)	1-6, 12, 13,
Y	2002. 04. 12, 段落番号【0020】-【0030】 (ファミリーなし)	16, 17, 19-21 7-11, 14, 15, 18, 22
Y	US 6344666 B1 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 2002. 02. 05, 第5欄第66行-第6欄第13行 & JP 2000-150849 A, 段落番号【0023】	7, 18

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

- 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

## の日の後に公表された文献

- 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

12. 12. 03

国際調査報告の発送日

24.12.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

河本 充雄



4M

9056

電話番号 03-3581-1101 内線 3462

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	EP 948055 A2 (CANON KABUSHIKI KAISHA) 1999. 10. 06, 段落番号【0016】 & JP 11-274443 A, 段落番号【0014】 & US 6188094 B1 & US 6605850 B1	8
Y	JP 11-40787 A (ソニー株式会社) 1999. 02. 12, 段落番号【0016】 - 【0020】 (ファミリーなし)	9-11, 14, 15, 22
A	JP 9-116914 A (ソニー株式会社) 1997. 05. 02, 全文 (ファミリーなし)	1-22
A	US 6104021 A (NEC CORPORATION) 2000. 08. 15, 全文 & JP 10-284710 A, 全文 & CN 1196580 A & KR 98081184 A	1-22